

**GEOLOGI LINGKUNGAN
CEKUNGAN BANDUNG**

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta, Ketentuan Pidana Pasal 72

Barangsiapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

GEOLOGI LINGKUNGAN CEKUNGAN BANDUNG

**Oki Oktariadi
Kasbani
M. Wachyudi Memed**

**BADAN GEOLOGI
2021**

GEOLOGI LINGKUNGAN CEKUNGAN BANDUNG

PENYUSUN/PENULIS UTAMA:

Oki Oktariadi
Kasbani
M. Wachyudi Memed

EDITOR :

Indra Badri
Andiani

KARYA TULIS :

Adrikni, Aminuddin,
Aris Dwi Nugroho, Asdani Soehaimi,
Asep Nursalim, Denni Filanto,
Dian Saputra, Dita Arief Juwana,
Edi Hidayat, Edi Tarwedi,
Eep Ridwan Firdaus, Endrik Susanto,
Gingin Gunawan, Ibrahim Mandi,
J.B. Januar, Kurniah, Melia,
Munib Ikhwatun Iman, Rony Afrian,
Rustam, Sapari Dwi Hadian,
Selasian Gussyak, Supartoyo,
Tantan Hidayat, Taufiq Wira Buana,
Visky Afrida Pungkisari,
Wahyudiono R. Muchamad,
Yohandi Kristiawan

FOTO-FOTO:

Oki Oktariadi
(Kecuali yang diberi keterangan)

HAK CIPTA @2021 Badan Geologi



PENATA LETAK/ DESAIN JILID
Ayi R. Sacadipura

DITERBITKAN OLEH:
BADAN GEOLOGI
Kementerian Energi dan Sumber Daya
Mineral
Alamat: Jl. Diponegoro No. 57 Bandung
40122
Telp: 022-7215297, Fax: 022-7218154
Website: www.bgl.esdm.go.id
e-mail: geologi@bgl.esdm.go.id

Undang-undang RI Nomor 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta

Ketentuan Pidana Pasal 42:

Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta atau hak terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1), dipidanakan dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (Lima Ratus Juta Rupiah).

Puji dan syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan yang Maha Esa atas terbitnya buku *Geologi Lingkungan wilayah Cekungan Bandung* yang berisikan hasil penelitian dan penyelidikan di masa lalu dan di masa kini. Tentu saja informasi geologi lingkungan yang dihadirkan membuka mata kita bahwa wilayah Cekungan Bandung banyak memiliki potensi sumber daya geologi terutama yang berkaitan dengan bentang alam pegunungan yang menawan dan eksotik dan diantaranya kaya dengan potensi panasbumi yang terbukti telah banyak berkontribusi pada negara dalam pengadaan energi listrik.

Namun, disisi lain potensi bahaya geologi terus membayangi kehidupan masyarakat yang ada di wilayah Cekungan Bandung. Tentunya keadaan ini membutuhkan perhatian khusus melalui manajemen mitigasi bencana. Dengan kata lain, informasi geologi yang ditampilkan dalam buku ini dapat menjadi basis data yang penting sebagai panduan dasar dalam melakukan mitigasi bencana.

Penyiapan informasi geologi melalui penelitian dan penyelidikan geologi lingkungan termasuk salah satu kegiatan strategis di lingkungan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Dalam Renstra KESDM 2020-2024, termaktub adanya Tujuan Strategis ke-5, yaitu “Terwujudnya Manajemen dan SDM yang Profesional serta Peningkatan Kapasitas Iptek dan Pelayanan Kegeologian” dan Sasaran Straregis ke-12, yaitu “Meningkatkan kualitas informasi dan Pelayanan Bidang Geologi”.

Dalam buku ini, penulis berusaha untuk menyingkap, mengungkap, dan membagikan wawasan ilmu geologi lingkungan secara populer dan konprehensif agar para pembacanya dapat lebih mengenal, menghayati, dan memaknai peran geologi lingkungan dalam pengembangan wilayah. Selain itu, penulis juga memberikan pengetahuan seputar tata cara melakukan penyelidikan geologi lingkungan secara praktis, sehingga diharapkan dapat menginspirasi untuk menulis dan memperkaya pengetahuan tentang Cekungan Bandung.

Atas terbitnya buku ini, kami sampaikan penghargaan kepada penulis dan jajaran penyusun buku ini serta semua pihak yang telah mendukung dan berkontribusi dalam penulisan buku, serta membantu dalam proses penerbitannya. Semoga buku ini berkontribusi pada upaya konservasi, edukasi, dan pemberdayaan masyarakat sekitarnya.

Bandung, Juli 2021

Kepala Badan Geologi

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

Dr. Ir. Eko Budi Lelono

KATA PENGANTAR

Geologi lingkungan merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari fenomena alam khususnya ilmu kebumihan yang memiliki interelasinya dengan keadaan lingkungan tempat makhluk-mahluk berada. Bumi merupakan planet yang dinamis dan senantiasa berubah sejak awal pembentukannya hingga saat ini. Perubahan fenomena geologi baik di permukaan maupun dalam bumi akan berdampak pada perubahan-perubahan yang terjadi pada kehidupan makhluk-mahluk di bumi terutama manusia.

Manusia sebagai makhluk yang dominan memerlukan pengetahuan geologi lingkungan agar memiliki kecerdasan spasial yang baik dalam mengelola setiap unsur yang ada dipermukaan bumi. Tanpa memiliki kecerdasan spasial yang mumpuni, manusia tidak akan bijak dalam mengelola lingkungannya sehingga bencana akan senantiasa datang cepat atau lambat. Buku ini sangat membantu bagi peminat geologi lingkungan Cekungan Bandung terutama menyangkut isu yang populer di masyarakat, seperti kebencanaan geologi, konservasi geologi dan berkembangnya geowisata di wilayah Cekungan Bandung.

Buku ini memiliki bahasan materi pokok berupa peran geologi lingkungan dalam pemanfaatan sumberdaya geologi, pengembangan wilayah, dan pengelolaan lingkungan geologi bagi kehidupan manusia. Fakta yang tertuang dalam buku ini semoga dapat menjadi bahan untuk meningkatkan kesadaran semua pihak akan pentingnya mengaplikasikan geologi lingkungan dalam kehidupan sehari-hari sehingga kawasan yang ditempatinya memberikan keamanan dan kenyamanan, artinya menempati wilayah dengan kecukupan sumber daya geologi dan minimnya ancaman bahaya geologi di sekitarnya.

Kami berharap buku ini bermanfaat bagi para masyarakat pada umumnya dan pengambil kebijakan dalam pengembangan wilayah Cekungan Bandung, baik di sektor pemerintah, non pemerintah, karena fakta yang dimuat dalam buku ini dapat digunakan untuk merumuskan kebijakan dalam rencana tata ruang dan pengelolaan lingkungan. Selain itu, bermanfaat juga bagi mahasiswa khususnya di bidang ilmu kebumihan sebagai landasan dalam mendapatkan ide menulis tugas akhir mengenai khsanah pengetahuan tentang Cekungan Bandung.

Akhir kata, kami ucapkan terima kasih dan penghargaan kepada para kontributor telah dengan tekun meneliti berbagai fenomena geologi di wilayah Cekungan Bandung dan menganalisis melalui pendekatan Geologi Lingkungan untuk menjawab dan memberi solusi berbagai permasalahan yang ditimbulkan alam manusia. Jerih payah, kerja keras, dan kerja cerdas para kontributor adalah bagian dari upaya mencerdaskan bangsa. Juga terima kasih kepada manajemen khususnya tim penerbit telah berupaya sepenuh hati dalam mempercepat penerbitan buku ini.

Bandung, Juli 2021

Penulis

Sambutan – v

Kata Pengantar – vi

Daftar Isi – vii

PROLOG: Geologi Lingkungan Dalam Pembangunan Berkelanjutan – 1

BAB 1 KEGEOLOGIAN WILAYAH CEKUNGAN BANDUNG – 15

1.1. Cekungan Bandung “Sang Mata Bumi Khatulistiwa” – 17

1.2. Perkembangan Penelitian Cekungan Bandung – 18

1.3. Geologi Cekungan Bandung – 24

1.4. Aneka Data Pendukung Kajian Geologi Lingkungan – 34

BAB 2 JEJAK PENYELIDIKAN GEOLOGI TATA LINGKUNGAN
WILAYAH CEKUNGAN BANDUNG – 69

2.1. Penyelidikan 1990: Peta Satuan Geologi Tata Lingkungan
untuk Pengembangan Wilayah – 71

2.2. Penyelidikan 1992: Peta Rekomendasi Geologi Tata Lingkungan
untuk Tata Lguna Lahan – 73

2.3. Penyelidikan 2005: Peta Keleluasaan Penggunaan Lahan Permukiman
Berdasarkan Aspek Geologi Lingkungan – 76

2.4. Penyelidikan 2019: Peta Keleluasaan Penggunaan Lahan Permukiman
Berdasarkan Aspek Geologi Lingkungan – 77

BAB 3 TANGKUBANPARAHU ANAK GUNUNG SUNDA

LANDMARK DI TINGGIAN CEKUNGAN BANDUNG UTARA – 89

3.1. Fenomena Geologi – 91

3.2. Keragaman Geologi – 94

3.3. Keunikan Geologi – 102

3.4. Geowisata – 103

BAB 4 DI BALIK PESONA BENTANGALAM SESAR UTAMA

DI WILAYAH CEKUNGAN BANDUNG – 119

4.1. Morfotektonik – 121

4.2. Sebaran Sesar Aktif di Wilayah Cekungan Bandung – 133

BAB 5 MENGELOLA LINGKUNGAN KAWASAN RESAPAN AIR

BANDUNG UTARA – 141

5.1. Kekinian Cekungan Air Tanah Bandung Utara – 143

5.2. Menakar Sumber Daya Air Tanah Wilayah Bandung Utara – 148

5.3. Penutup – 173

BAB 6 ARAHAN GEOLOGI LINGKUNGAN UPAYA MEMBERI

KENYAMANAN WARGA CEKUNGAN BANDUNG – 175

6.1. Sebaran Batuan Cekungan Bandung – 177

6.2. Seismotektonik Cekungan Bandung – 185

6.3. Mikrozonasi dalam Kajian Geologi Lingkungan – 187

BAB 7 MEWASPADAI BANJIR BANDANG

DI WILAYAH CEKUNGAN BANDUNG – 195

7.1. Memahami Banjir Bandang – 197

7.2. Pemodelan Aliran Bahan Permukaan – 197

7.3. Mitigasi Banjir Bandang – 206

BAB 8 UPAYA PENGENDALIAN BANJIR DI WILAYAH JATINANGOR

DAN RANCAEKEK – 213

8.1. Sebaran Banjir – 215

8.2. Penyebab Banjir – 215

8.3. Status Banjir Pada Peta Geologi Lingkungan – 219

8.4. Mitigasi Bencana Banjir – 221

BAB 9 WALINI BANDUNG BARAT KANDIDAT IBUKOTA

JAWA BARAT – 227

9.1. Ruang Lingkup Wilayah – 229

9.2. Kebutuhan Analisis Geologi Lingkungan Dalam Penataan Ruang Calon
Kota Walini – 230

9.2. Daya Dukung Geologi – 233

9.4. Potensi Bahaya Geologi – 238

9.5. Sintesis Geologi Lingkungan	– 241
BAB 10 PANAS BUMI MENGHANGATKAN DAN MENERANGI CEKUNGAN BANDUNG	– 247
10.1. Panas Bumi Kamojang	– 249
10.2. Panas Bumi Darajat	– 260
10.3. Panas Bumi Wayang Windu	– 268
10.4. Panas Bumi Patuha	– 279
10.5. Arahana Geologi Lingkungan	– 292
BAB 11 KARST RAJAMANDALA TEMPAT KEHIDUPAN MANUSIA PURBA DAN MODERN	– 299
11.1. Fenomena Geologi	– 301
11.2. Geologi Lingkungan Wilayah Citatah dan Sekitarnya	– 306
11.3. Karst Citatah	– 307
11.4. Kawasan Pertambangan Citatah	– 318
11.5. Panasbumi Saguling	– 322
BAB 12 MENATA ZONA RESAPAN AIR MENGANTISIPASI BANJIR DI CEKUNGAN BANDUNG BAGIAN SELATAN	– 325
12.1. Rona Lingkungan	– 327
12.2. Banjir, Salah Satu Dampak Pembangunan di Bandung Selatan	– 331
12.3. Penentuan Zona Resapan Air	– 334
BAB 13 PENGELOLAAN AKHIR SAMPAH BERALIH DARI BARAT KE TIMUR DARI SARIMUKTI KE LEGOKNANGKA	– 347
13.1. Masa Tua TPA. Sarimukti, Kabupaten Bandung Barat	– 349
13.2. TPPAS Legok Nangka, Kabupaten Bandung	– 358
13.3. Kesebandingan dan Harapan	– 366
EPILOG	– 369
DAFTAR PUSTAKA	– 374
PENULIS	– 386

PROLOG

GEOLOGI LINGKUNGAN DALAM PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN

Kontributor:

M. Wachyudi Memed,
Dita Arief Juwana, Tantan Hidayat



Geologi lingkungan sebagian besar telah berkembang sebagai subdisiplin dalam geologi sejak tahun 1970-an, meskipun penelitian yang berkaitan dengan bahaya alam, khususnya, dilakukan sejak berdirinya geologi sebagai disiplin ilmu selama abad ke-18. Geologi lingkungan dipahami sebagai ilmu geologi terapan yang melibatkan penerapan pengetahuan geologi untuk menyelidiki proses yang terjadi di atau dekat permukaan bumi untuk mengurangi bahaya alam dan meminimalkan degradasi lingkungan. Geologi lingkungan biasanya berfokus pada lima komponen utama. Pertama, melibatkan identifikasi dan pengelolaan bencana alam, termasuk gempa bumi, banjir, ketidakstabilan lereng bukit, erosi tanah, penurunan permukaan tanah, gunung berapi, dan kebakaran hutan. Kedua, melibatkan pengelolaan penggunaan sumber daya alam seperti mineral, tanah, dan air. Ketiga, melibatkan pengelolaan sumber energi seperti batu bara dan minyak untuk mengurangi bahaya dan meningkatkan keberlanjutan. Keempat, berkaitan dengan pengelolaan pembuangan limbah seperti limbah rumah tangga, limbah industri, limbah radioaktif atau nutrisi berlebih, dan penyebaran kontaminan melalui erosi dan pengendapan. Kelima, melibatkan dalam penetapan dan pengelolaan situs geologi bermakna warisan geologi sebagai kawasan lindung geologi. Komponen-komponen tersebut dianalisis untuk mendapatkan nilai pengaruh terhadap penggunaan lahan tertentu, kemudian komponen-komponen tersebut disintesis untuk memperoleh nilai kelayakan atau kesesuaian lahan sebagai bahan rekomendasi pengembangan wilayah.

PERAN GEOLOGI LINGKUNGAN DALAM PENGEMBANGAN WILAYAH

Konsep Dasar Geologi Lingkungan

Dalam pengembangan wilayah, memahami ungkapan Charles Lyel (1830) yaitu *“the present is the key to the future”* sangatlah penting untuk selalu menyadarkan para ahli perencanaan wilayah dan lingkungan agar jangan sampai terlena dengan melewatkan atau bahkan mengabaikan berbagai fenomena geologi yang sangat dinamis dan semakin sering terjadi di sekitar kita akhir-akhir ini. Di sisi lain, para ahli geologi (kebumihan) khususnya geologi lingkungan harus terus berkarya mengungkap berbagai fenomena geologi dan selalu berupaya menyadarkan masyarakat dalam memanfaatkan ruang tanpa melampaui batas-batas daya dukung dan kendala geologi suatu wilayah.

Pada akhir 1960-an para ahli geologi di Amerika Serikat mulai memberlakukan konsep dan prinsip geologi dalam perencanaan penggunaan lahan dan manajemen sumber daya (Turner dan Coffman, 1973; Wayne, 1968). Upaya awal itu terutama diarahkan pada persiapan peta turunan dari peta geologi untuk menggambarkan banjir, tanah longsor, dan bahaya alam lainnya sebagai faktor bahaya geologi dan menggambarkan ketersediaan sumber daya geologi seperti air tanah, daya dukung tanah, dan lainnya sebagai faktor pendukung geologi dengan tujuan untuk membuat keputusan penggunaan lahan dan pengelolaan lingkungan yang sesuai.

Konsep geologi lingkungan mulai diperkenalkan oleh J.E. Hackett pada tahun Geological Survey (ISGS) membentuk program geologi lingkungan. Hal ini mungkin merupakan katalis paling penting bagi evolusi pemetaan tiga dimensi di Illinois (Hackett dan Hughes, 1965; Hackett, 1967; Larsen dan Hackett, 1965; dan Frye, 1967) dalam memberikan informasi geologi yang diperlukan untuk berbagai studi penggunaan lahan atau pengembangan sumber daya lokal, kabupaten, atau regional. Dengan demikian menjadi jelas bahwa perubahan dalam cara memberikan informasi geologi disajikan dalam bentuk rekomendasi geologi lingkungan yang merupakan informasi komprehensif dan holistik dalam rangka memberi rasa aman dan nyaman bagi manusia dalam menjalani kehidupan.

Buku teks pertama yang ditujukan untuk disiplin geologi lingkungan muncul dan diterbitkan pada tahun 1970 oleh PT Flawn berjudul: “Konservasi, Perencanaan Penggunaan Lahan, dan Pengelolaan sumber daya”. Flawn pun menulis esay temuan Geologi Lingkungan pada sebuah jurnal ilmiah yang diluncurkan pada tahun 1975 di New York City (Springer). Waktu pun terus berjalan, geologi lingkungan semakin mendapat perhatian dari kalangan ahli kebumihan maupun ahli perencanaan dan berkembang memberikan informasi yang dibutuhkan dalam perencanaan penggunaan lahan dan pengelolaan lingkungan, sehingga pemahaman geologi lingkungan pun terus berlanjut dengan munculnya berbagai definisi, yang disarikan, sebagai berikut:

“Geologi Lingkungan adalah upaya memanfaatkan lingkungan geologi secara

rasional, baik karena sifat alamiahnya maupun karena interaksinya dengan kegiatan manusia. Lingkungan geologi yang dimaksud adalah segenap bagian kulit bumi yang mempengaruhi secara langsung terhadap kondisi dan keberadaan lingkungan hidup (biotik dan abiotik). Batuan, tanah, bentang alam, dan air merupakan faktor lingkungan geologi yang mendukung keberlanjutan manusia untuk mempertahankan hidup. Sedangkan faktor pembatas/kendala seperti gempa bumi, tsunami, letusan gunungapi, longsor, likuifaksi, dan sebagainya merupakan faktor lingkungan geologi yang menimbulkan kerentanan bagi keberlangsungan hidup manusia”.

Kemudian, Killer (1982) peran ahli kebumihutan dalam pengembangan wilayah harus didasarkan pada pemahaman tujuh konsep dasar Geologi Lingkungan, yaitu:

- **Pertama** menjelaskan bahwa bumi pada dasarnya suatu sistem tertutup yang dapat dipahami bahwa di planet bumi terdapat berbagai macam peristiwa yang terjadi karena aktivitas-aktivitas setiap bagian dari bumi. Bumi dikatakan sebagai system dengan empat buah bagian. Yaitu atmosfer, hidrosfer, biosfer, dan litosfer. Di setiap bagian system itu terjadi berbagai macam aktivitas yang saling berkaitan. Itulah mengapa bumi disebut sebagai suatu sistem tertutup.
- **Kedua**, menjelaskan bahwa bumi merupakan satu-satunya tempat yang paling sesuai dengan kehidupan manusia, akan tetapi sumber daya yang dimiliki sangat terbatas, dipahami oleh Leo F. Laporte dalam bukunya berjudul “*The Earth and Human Affairs*”, mempercayai isi dari konsep kedua Killer (1982) termasuk dua kebenaran pokok, pertama bahwa bumi ini tentu saja satu-satunya tempat tinggal yang bisa kita tempati. Yang kedua, SDA kita terbatas dan walaupun ada beberapa SDA yang bisa diperbarui, tetapi masih lebih banyak SDA yang tak bisa diperbarui. Tentunya akan diperlukan tindakan yang tepat untuk bisa memanfaatkannya dengan baik sekaligus melestarikannya.
- **Ketiga** menjelaskan bahwa proses-proses fisik yang terjadi di bumi mengubah bentang alam yang kita miliki. Konsep ini memberikan kita suatu pengetahuan tentang sejarah geologi mengenai proses yang telah terbentuk pada masa lalu yang saat ini kita masih bisa lihat hasil dari proses – proses itu melalui keadaan bentang alam dan keragaman batuan yang kini tersebar di muka bumi.
- **Keempat**, menjelaskan tentang banyak proses alam yang terjadi di bumi yang membahayakan umat manusia. Sebagai contoh, aktivitas gunung berapi (meletus), tsunami, erosi, longsor, gempa bumi, dan lain sebagainya. Semua bencana itu merupakan dampak dari proses – proses yang terjadi di bumi, karena bumi merupakan suatu sistem yang terus bergerak. Kita sebagai manusia yang tinggal di bumi harus bisa mengenali bencana alam dan menghindarinya sebisa mungkin. Juga kita berkewajiban untuk merawatnya serta menggunakan potensi yang dimiliki bumi secara tepat dan bertanggung jawab.
- **Kelima**, menjelaskan tentang perencanaan penggunaan lahan dan pengelolaan lingkungan harus berusaha memperhatikan keseimbangan antara pertimbangan segi ekonomi dan dari segi yang lain seperti estetika. Dewasa ini pertimbangan geologi lingkungan untuk sebuah kawasan sebelum dilakukannya pembangunan menjadi bagian penting dalam teori “*Environmental impact*” atau dampak

lingkungan. Artinya faktor sumber daya atau daya dukung lingkungan dapat dimanfaatkan secara optimal dan dampak dari bahaya geologi maupun bahaya atas ulah manusia dapat dihindari atau dicegah seminimal mungkin.

- **Keenam**, menjelaskan tentang dampak dari penggunaan lahan yang cenderung bertumpuk (kumulatif), sehingga manusia mempunyai kewajiban untuk menerima dan menanggungnya. Pernyataan ini berkaitan dengan permasalahan lingkungan yang sebagian diakibatkan oleh kegiatan eksploitasi sumberdaya alam secara besar-besaran seiring kian meningkatnya kebutuhan manusia akan air, mineral, dan energi. Dari sisi yang lain kebutuhan akan lahan terus meningkat seiring laju pertumbuhan penghunian bumi, perpindahan, penyebaran, dan konsentrasi manusia di suatu wilayah. Kebutuhan sumber daya alam ini akan selalu menimbulkan persoalan-persoalan dilematis. Dengan demikian rekomendasi aspek geologi lingkungan menjadi penting dalam rencana tata ruang dan pengelolaan lingkungan.
- **Ketujuh**, menjelaskan tentang komponen fundamental lingkungan merupakan faktor geologi, dan pemahaman tentang lingkungan memerlukan beberapa pendekatan melalui ilmu-ilmu kebumihuman dan disiplin ilmu yang lain yang berhubungan. Terdapat perbedaan dalam mempertimbangkan suatu pembangunan sebuah wilayah yang dapat digolongkan menjadi tiga kategori, yaitu fisik, biologis, dan fungsi kedayagunaan. Faktor fisik yaitu pertimbangan keadaan geografis, proses geografis, proses hidrologi, tipe batuan dan tanah, dan klimatologi. Faktor biologis yaitu, pertimbangan aktivitas makhluk hidup terutama tumbuhan dan hewan, perubahan keadaan biologis atau proses, spatial analisis terhadap informasi. Faktor fungsi kedayagunaan yaitu, kegunaan lahan, estetika, keterkaitan antara aktivitas manusia dengan faktor fisik dan biologis, dan peraturan yang mengatur lingkungan.

Namun, harus dipahami pula bahwa Geologi Lingkungan dapat dipastikan tidak terkait dengan filosofi anti-industri/pembangunan, tetapi justru memiliki tujuan dan perspektifnya dalam penggunaan dan pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan. Sehingga pemanfaatan berbagai sumber daya geologi dapat dilakukan tanpa melampaui batas-batas daya dukung lingkungan. Dengan kata lain, terwujudnya suatu keseimbangan antara kepentingan pemenuhan kebutuhan manusia dengan kepentingan dalam menjaga kelestarian dan keselamatan lingkungan. Hal ini dapat dicapai juga melalui upaya yang senantiasa mempertimbangkan pencegahan, pengendalian dan meminimalkan dampak negatif dari berbagai kegiatan eksplorasi dan eksploitasi sumber daya geologi ataupun pembangunan konstruksi.

Geologi Lingkungan dalam Rencana Tata Ruang Wilayah

Informasi geologi lingkungan merupakan salah satu elemen penting dalam menyiapkan data-data dasar sebagai bahan arahan penataan ruang, karena dalam kajian Geologi Lingkungan mengandung dua faktor utama, yaitu daya dukung geologi yang merupakan faktor geologi yang mendukung keberlanjutan manusia untuk mempertahankan hidup. Sedangkan faktor pembatas/ kendala geologi merupakan



Gambar 0.1. Peran data dan Informasi Geologi Lingkungan dalam pengembangan wilayah dan pengelolaan lingkungan.

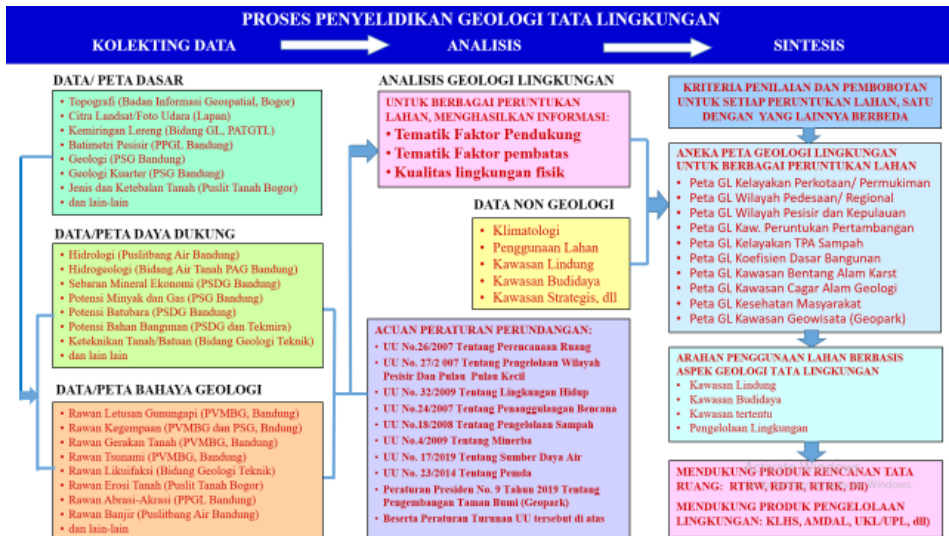
faktor geologi yang menimbulkan kerentanan bagi keberlangsungan hidup manusia, (Gambar 0.1).

Kedua faktor tersebut (Gambar 0.1) disintesis untuk menghasilkan informasi geologi lingkungan sesuai kebutuhan penataan ruang dalam upaya mengurangi risiko bencana alam beraspek geologi dan sebagai rujukan dalam mengatasi permasalahan akibat eksploitasi sumber daya geologi dan pembangunan konstruksi oleh manusia, (*American Geological Institute*, dikutip dari Bell, 1998).

Secara umum, metodologi dalam penyelidikan Geologi Lingkungan meliputi tahapan observasi, analisis, dan prediksi terhadap aspek “dayadukung geologi” dan “bahaya geologi”. Dayadukung Geologi adalah produk dari proses yang dapat dimanfaatkan untuk kesejahteraan manusia, sedangkan bahaya geologi adalah proses geodinamik yang mengancam kehidupan manusia, karena berpotensi menimbulkan kerugian sosial-ekonomi dan mengakibatkan kerusakan lingkungan hidup manusia. Kemudian berbagai informasi sumber dan kendala geologi yang tersedia digunakan untuk melakukan sintesis geologi lingkungan sesuai peruntukan lahan.

Dalam prakteknya, kajian geologi lingkungan tidak dilakukan langsung untuk berbagai peruntukan lahan dan berbagai tingkatan perencanaan tata ruang, walaupun kesemuanya didasarkan pada berbagai faktor pendukung dan faktor pembatas atau kendala geologi, hanya skala peta atau data yang membedakannya. Beberapa komponen geologi lingkungan yang umum digunakan dalam analisis geologi lingkungan, meliputi: 1) sumber daya geologi berupa data keadaan topografi (khususnya morfologi dan kelerengan), daya dukung tanah dan batuan, kondisi keairan/hidrogeologi, dan sebagainya; (2) kendala geologi berupa data gempa bumi, tsunami, likuifaksi, gerakan tanah, erupsi gunungapi, erosi, banjir dan sebagainya; dan (3) komponen non-geologi berupa data penggunaan lahan saat ini, dan data rencana pola dan struktur ruang, (lihat Gambar 0.2).

Selanjutnya komponen-komponen geologi lingkungan tersebut di atas digunakan untuk analisis geologi lingkungan sesuai kepentingan peruntukan lahan tertentu dengan kriteria tertentu pula, meliputi nilai, bobot, dan skor. Sebagai contoh dalam menentukan zona resapan air, yaitu keberadaan batupasir akan diberi nilai tinggi

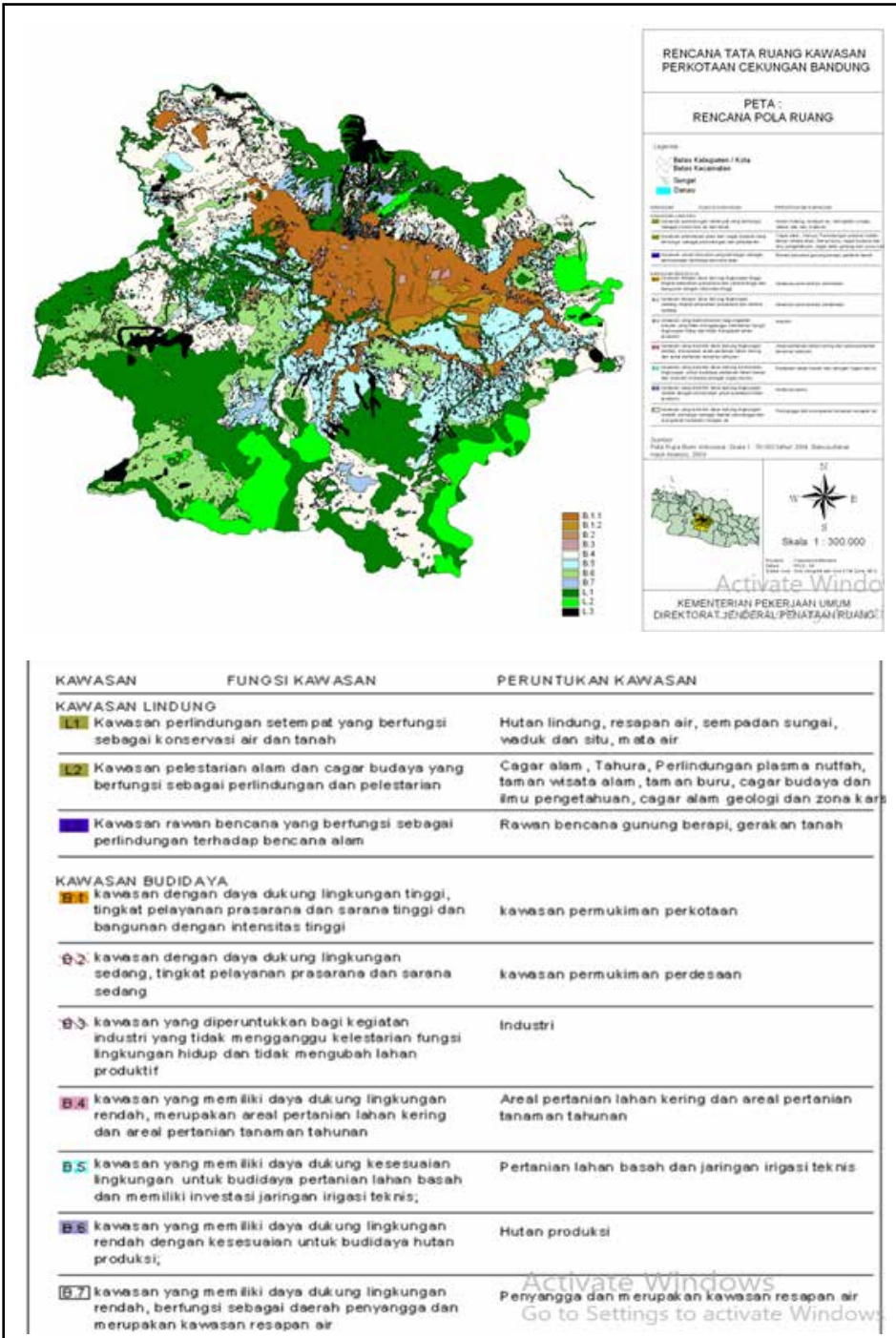


Gambar 0.2. Proses atau Alur analisis dan sintesis geologi lingkungan untuk berbagai kepentingan penggunaan lahan dan pengelolaan lingkungan.

karena memiliki fungsi resapan air, sebaliknya batupasir tersebut di beri nilai rendah ketika menentukan lokasi TPA sampah, karena yang dibutuhkan adalah batuan yang kedap seperti batulempung. Demikian pula dengan muka air tanah, nilainya akan berbanding terbalik sebagaimana ketika menilai batupasir. Untuk kepentingan pemukiman, semakin dangkal muka air tanah semakin tinggi nilai, bobot, dan skornya karena akan memberi kemudahan dalam pemanfaatannya. Sebaliknya, untuk kepentingan TPA sampah, semakin dalam muka air tanah semakin tinggi nilai, bobot dan skornya karena akan semakin kecil kemungkinan pencemaran terhadap akuifer.

Hasil analisis setiap komponen geologi lingkungan tersebut direpresentasikan sebagai peta tematik dalam format dan skala yang sama. Selanjutnya, data/peta komponen geologi lingkungan yang tersedia dapat digunakan untuk melakukan sintesis yang akan menghasilkan peringkat kelayakan pemanfaatan ruang tertentu berdasarkan aspek geologi lingkungan yang direpresentasikan dalam bentuk peta kelayakan atau kesesuaian lahan.

Aneka penyelidikan Geologi Lingkungan untuk berbagai kepentingan peruntukan lahan yang dijelaskan pada Gambar 0.2 di atas, di antaranya (1) menentukan kelayakan untuk wilayah permukiman/perkotaan; (2) menentukan kelayakan untuk wilayah pedesaan/regional; (3) menentukan kelayakan wilayah pesisir dan kepulauan; (4) menentukan kelayakan kawasan peruntukan pertambangan (KPP); (5) menentukan kelayakan untuk tempat pengolahan akhir (TPA) sampah; (6) menentukan koefisien dasar bangunan (KDB); (7) menentukan kawasan bentang alam karst (KBAK) sesuai permen ESDM No. 17 Tahun 2012; (8) menentukan kawasan cagar alam geologi (KCAG) sesuai permen ESDM No. 32 Tahun 2016; (9) menentukan kelayakan pemanfaatan KCAG untuk kegiatan Geowisata (tindak lanjut dari point 8; (9)



Gambar 0.3. Peta Pola Ruang Cekungan Bandung, menjadi dasar dalam memberikan rekomendasi aspek geologi lingkungan untuk menghasilkan peta pola ruang yang baru.

menentukan koefisien dasar bangunan (KDB); (10) Kondisi Geologi Lingkungan untuk Informasi Kesehatan Masyarakat, dan sebagainya.

Peta-peta hasil analisis dan sintesis geologi lingkungan untuk mendukung rencana tata ruang wilayah (RTRW) perkotaan berupa peta peringkat kelayakan/kesesuaian lahan beraspek geologi lingkungan. Kemudian peta kesesuaian lahan ini bersama peta penggunaan lahan eksisting, dan peta pola dan struktur ruang menjadi dasar dalam memberikan arahan atau rekomendasi pemanfaatan ruang beraspek geologi lingkungan dalam revisi RTRW kabupaten/kota. Sedangkan peta geologi lingkungan pada skala rinci (minimal skala 1: 25.000) dapat dijadikan dasar dalam memberikan rekomendasi pemanfaatan ruang dan pengelolaan lingkungan dalam penyusunan rencana detail tata ruang (RDTR) dan Peraturan Zonasi (PZ). Patut diketahui bahwa Peta Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) dipetakan dalam skala 1 : 5.000. Umumnya Penyusunan RDTR dan PZ dilakukan sesuai arahan RTRW karena adanya Bagian Wilayah Perencanaan (BWP) yang diprioritaskan dan bersifat strategis.

Meski terdengar serupa, baik RDTR dan RTRW itu berbeda dalam substansi dan skala peta yang ditampilkan. RTRW ditampilkan dalam skala 1 : 50.000, sedangkan RDTR ditampilkan pada skala peta 1 : 5.000. Walaupun keduanya dalam penyusunan dan pelaporan masing-masing, namun keduanya tidak terpisahkan dan saling ketergantungan. Jika hanya bergantung pada RTRW, ketika seseorang yang ingin membangun rumah susun atau apartemen tiga lantai ternyata lokasinya berada pada zona perumahan, maka permohonan izin pembangunan apartemen dapat berakhir menggantung. Terhenti atau berlanjutnya, sang pemohon harus melihat RDTR untuk memastikan bahwa keinginan membangun apartemen sudah sesuai dengan peraturan zonasi. Lebih jauh, di dalam PZ, terdapat matriks ITBX yang menggambarkan apakah permohonan pembangunan diizinkan, terbatas, bersyarat atau dilarang. Hal ini yang sangat membedakan RDTR dari RTRW.

Dalam perkembangannya RTRW berjalan sebagaimana mestinya sesuai peraturan perundangan yang ada, sementara RDTR berjalan agak tersandat. Salah satu penyebab adalah dukungan berbagai jenis data skala 1 : 5.000 yang minim bahkan belum tersedia seperti data geologi lingkungan.

Geologi Lingkungan dalam RDTR dan Peraturan Zonasi

Dengan demikian, setelah suatu wilayah kabupaten atau kota memiliki RTRW harus ditindaklanjuti dengan menyusun Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) dan Peraturan Zonasi (PZ). Penyusunan RDTR dan PZ Kabupaten/Kota mengacu pada Peraturan Menteri Agraria dan Tata Ruang/Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 16 Tahun 2018. Pertimbangan penting menyusun RDTR berbunyi bahwa untuk mewujudkan kepastian hukum dalam penerbitan perizinan pemanfaatan ruang berdasarkan rencana detail tata dan pengendalian ruang, diperlukan pengaturan percepatan penyusunan dan penetapan RDTR dan PZ kabupaten/kota sesuai kebutuhan.

Persyaratan pemanfaatan ruang dan ketentuan pengendaliannya disusun untuk

informasi skala 1:5.000.

- (3) Dalam hal RDTR dan PZ kabupaten/kota menggunakan dan menghasilkan peta sebagaimana dimaksud pada ayat (2), peraturan daerah tentang RDTR dan PZ kabupaten/kota tersebut harus mencantumkan ketentuan yang menyatakan bahwa peta RDTR dan PZ kabupaten/kota memerlukan koreksi geometris.
 - (4) Koreksi geometris peta RDTR dan PZ kabupaten/kota sebagaimana dimaksud pada ayat (3) dilakukan oleh Kementerian/Lembaga yang membidangi urusan informasi geospasial dan ditetapkan dalam bentuk Keputusan Menteri/Kepala Lembaga yang ditembuskan kepada Menteri.
 - (5) Berdasarkan Keputusan Menteri/Kepala Lembaga sebagaimana dimaksud pada ayat (4), Bupati/ Wali Kota menetapkan Peraturan Bupati/Wali Kota tentang peta RDTR dan PZ kabupaten/kota yang telah terkoreksi secara geometris dengan tidak mengubah muatan peraturan daerah tentang Rencana Detail Tata Ruang dan Peraturan Zonasi kabupaten/kota sebagaimana dimaksud pada ayat (3).
- B. Pada lampiran III.1 tentang rincian analisis dalam penyusunan RDTR pada huruf A point (4) tentang analisis Geologi Lingkungan. Analisis ini dilakukan untuk mengidentifikasi potensi dan pengembangan BWP berdasarkan potensi dan kendala dari aspek geologi lingkungan. Analisis ini menjadi rekomendasi bagi peruntukan kawasan rawan bencana, kawasan lindung geologi, dan kawasan pertambangan.

BWP yang tertera pada huruf A point (15) merupakan singkatan dari “Bagian Wilayah Perencanaan”. BWP dipahami sebagai bagian dari kabupaten/kota dan/ atau kawasan strategis kabupaten/kota yang akan atau perlu disusun RDTRnya, sesuai arahan atau yang ditetapkan di dalam RTRW kabupaten/kota yang bersangkutan.

Sub Bagian Wilayah Perencanaan yang dimaksud pada huruf A point (16) merupakan singkatan dari Sub BWP. Sub BWP ini dipahami sebagai bagian dari BWP yang dibatasi dengan batasan fisik dan terdiri atas beberapa area, blok atau klaster. Untuk lebih jelasnya silogisme antara RDTR dengan wilayah kajian Geologi Lingkungan pada skala kabupaten, kota dan kawasan (contoh Kawasan Geowisata dan Geopark) dapat dilihat pada Tabel 0.1 berikut ini.

Tabel 0.1. Silogisme Wilayah Kajian Geologi Tata Ruang dalam RDTR

BWP dalam RDTR	GEOLOGI LINGKUNGAN BWP	GEOLOGI LINGKUNGAN		
		Sub BWP	Sub BWP	Sub BWP
1	2	3	4	5
Kawasan Permukiman	Zonasi Kawasan Permukiman	Zona Perumahan	Zona Jasa dan Perdagangan	Zona Pengolahan Limbah

Kawasan Industri	Zonasi Kawasan Industri	Zona Industri dan Pengolahan Limbah	Zona Permukiman	
Kawasan TPA Sampah	Zonasi TPA Sampah	Zona Landfill	Zona Infrastruktur TPA Sampah	
Kawasan Resapan Air Tanah (KRAT)	Zonasi KRAT	Zona Kritis Resapan dan Mataair		
Kawasan Rawan Bencana	Zonasi Kawasan Rawan Bencana	Zona Kritis Rawan Bencana		
Kawasan Peruntukan Pertambangan (KPP)	Zonasi KPP	Zona Pertambangan dan Pengolahan Limbah	Zona Permukiman Pertambangan	
Kawasan Geopark	Zonasi Kawasan Geopark	Zona Geosite sebagai Objek Geowisata	Zona Pemukiman	Zona Jasa dan Perdagangan
KCAG sebagai Kawasan Geowisata	Zonasi Kawasan Geowisata	Zona Inti	Zona Penyangga	Zona Budidaya Terbatas

Geologi Lingkungan dalam Pengelolaan Lingkungan

Seperti telah dijelaskan di awal, bahwa geologi lingkungan berkaitan juga dengan pengelolaan lingkungan, sehingga dalam melakukan analisis dan sintesis membutuhkan pendekatan interdisipliner yang luas, mencakup semua aspek geologi dan berorientasi sosial. Hal ini menggambarkan juga bahwa geologi lingkungan memberikan informasi untuk seluruh spektrum interaksi antara manusia dan lingkungan (Gisotti, 2003). Perkembangan dari interaksi interdisipliner yang fokus pada dan pengelolaan lingkungan menghasilkan tiga kecenderungan utama, yaitu:

1. *Sustainable Development*, konsep untuk mempertemukan antara kepentingan pembangunan/ eksploitasi dan konservasi lingkungan dan sistem pengawasannya. Yaitu menciptakan sebuah konsep manajemen yang mampu mengurangi dampak negatif dari eksploitasi sumber daya alam dan pembuangan limbah.
2. Pertentangan dalam pengelolaan proses-proses yang terjadi di alam sehingga dibutuhkan mitigasi bencana. Dalam mitigasi bencana alam muncul dua tipe konsep pengelolaan, yaitu:
 - *The Structural Response*, menekankan pada aspek-aspek teknik sipil untuk mengatasi masalah yang timbul dari bencana alam, misalnya dibuatnya konstruksi “*sea wall*” untuk mengatasi erosi pantai.
 - *The Process-based Response*, menekankan pada sistem yang telah terbentuk di alam dimanfaatkan dan dipelihara oleh kita agar tidak menimbulkan bencana bagi manusia. Misalnya dalam pengelolaan kondisi pantai, kita berusaha memahami proses dasar yang terjadi secara alamiah di alam dan berusaha agar kondisi pantai tetap terjaga dan terpelihara seperti aslinya.

3. Adanya pergeseran dari keterlibatan reaktif menjadi proaktif. Perkembangan ilmu pengetahuan dan pemahaman tentang proses-proses alam telah menimbulkan konsep yang baik dalam pengelolaan lingkungan terhadap kemungkinan adanya bencana alam dan kerusakan lingkungan, yaitu dengan cara mencegah (proaktif) adalah suatu hal yang lebih baik daripada memperbaiki (reaktif). Akan tetapi untuk dapat proaktif dibutuhkan data dan informasi yang akurat tentang penyebaran sumber daya, potensi bencana alam, dan kondisi potensial dan aktual lahan. Oleh karena itu dibutuhkan integrasi yang efektif berbagai cabang ilmu kebumihan, khususnya Geomorfologi Terapan, Geologi Teknik dan Hidrogeologi, dan Geologi Ekonomi.

BAB 1

KEGEOLOGIAN WILAYAH CEKUNGAN BANDUNG

Kontributor:

Kurniah, M. Wachyudi Memed,
Rustam, dan Dita Arief Yuwana

Dari angkasa Cekungan Bandung terlihat berbentuk elips bagaikan sebuah "Mata Bumi" berarah hampir barat-timur. Para ahli geologi menyakini dulunya Cekungan Bandung adalah sebuah Danau Bandung yang dikelilingi jajaran kerucut gunung api berumur Kuarter, hanya di barat yang dibatasi batuan gunungapi dan batugamping berumur Tersier. Danau itu sendiri terbentuk jauh sebelum 135.000 tahun yang lalu ketika aliran sungai Citarum tersumbat material hasil letusan gunungapi dahsyat yang menyapu rimba belantara dengan pohon-pohon besarnya, dan mengubur binatang-binatang besar yang menghuni daerah tersebut seperti badak, kuda nil dan rusa.. Danau Bandung yang sangat luas dan mencapai puncaknya sekitar 35.000 tahun yang lalu memiliki paras air danau tertinggi pada kontur 712,5 m. Pada akhirnya Danau Bandung Purba mengering ketika mendapat tempat penglepasan melalui pembobolan di punggung breksi Pasir Kiara di selatan Rajamandala. Jadi Cekungan Bandung sebagai Danau bukanlah hanya dongeng semata, karena secara geologi bisa dibuktikan melalui berbagai peristiwa alam yang pernah dilalui dalam perjalanan sejarahnya. Kini, danau raksasa yang terentang antara Cicalengka di timur hingga Rajamandala di barat dengan jarak sekitar 60 km dan antara Dago di utara hingga Majalaya atau Banjaran di selatan dengan jarak sekitar 40 km menyimpan keindahan, bukan hanya dari pemandangan saja, tetapi dari segi geologi menimbulkan decak kagum dan takjub. Untuk itu perlu upaya kita semua memelihara warisan geologi menjadi bagian dari pembangunan berkelanjutan di Indonesia khususnya Jawa Barat.

1.1. CEKUNGAN BANDUNG "SANG MATA BUMI KHATULISTIWA"

Wilayah Bandung merupakan dataran tinggi yang berhawa sejuk karena berada pada ketinggian sekitar 700 mdpl. Terkenal dengan sebutan *Paris van Java* karena dirancang sebagai kota pemerintahan dan pendidikan sebagaimana kota Paris di Prancis. Secara geografis Kota Bandung berada pada koordinat 107° BT and 6° 55' LS dengan luas 16.767 hektare. Berada pada ketinggian ±768 m di atas permukaan laut, dengan titik tertinggi di berada di sebelah utara dengan ketinggian 1.050 mdpl dan sebelah selatan merupakan kawasan lebih rendah dengan ketinggian 675 mdpl.

Apabila dikaitkan dengan jajaran pegunungan di sekitarnya, maka dataran tinggi Bandung itu merupakan cekungan besar yang secara geologi lebih dikenal sebagai Cekungan Bandung (Bandung Basin). Sehingga bila kita berdiri di tengah Kota Bandung seakan berada di dalam cawan raksasa dan kearah mana pun pandangan dilepaskan selalu tertumpu pada pegunungan yang megah berdekorasikan relief permukaan puncak-puncak gunung. Selain itu, dari pegunungan di utara Cekungan Bandung mengalir sungai Cikapundung melewati tengah Kota Bandung dan bermuara di Sungai Citarum.

Kota Bandung yang berada di dataran tinggi dan dikelilingi pegunungan menyebabkan dipengaruhi oleh iklim pegunungan yang lembab dan sejuk, dengan suhu rata-rata 23.5 °C, curah hujan rata-rata 200.4 mm/tahun dan jumlah hari hujan rata-rata 21.3 hari per bulan. Tidak salah jika pemerintah kolonial Belanda dulu memilihnya sebagai tempat peristirahatan.

Kini, Cekungan Bandung dihuni lebih dari tujuh juta jiwa manusia, berada di tengah-tengah provinsi Jawa Barat sebagai dataran tinggi. Pada awalnya adalah sebuah danau yang kemudian mengering. Di tengah cekungan berkembang Kota Bandung yang merupakan posisi sentral dan sebagai ibukota Provinsi Jawa Barat menyebabkan dataran tinggi Bandung ini mempunyai nilai strategis terhadap daerah lainnya di Jawabarat.

1.2. PERKEMBANGAN PENELITIAN CEKUNGAN BANDUNG

1.2.1. Franz Junghuhn (1809-1864) Sang Perintis Penelitian Geologi

Di balik semua keindahan yang dianugerahkan, Bandung adalah salah satu contoh dari permukaan bumi yang dibangun berjuta-juta tahun melalui proses-proses geologi yang tidak selalu tenang. Beberapa berita mengenai letusan gunung raksasa purba dan keberadaan Danau Bandung yang kemudian surut, kebanyakan disampaikan melalui cerita dari mulut ke mulut. Kebenaran dari cerita menjadi agak

tersamarkan tanpa adanya dukungan informasi dan data geofisika dari para ahli disertai fakta ilmiah.

Kebanyakan warga Bandung belum banyak memiliki pengetahuan yang lengkap mengenai sejarah geologi daerah yang mereka tinggali. Dalam kondisi ini keterbukaan informasi akurat perlu disebarluaskan untuk membangun kepedulian terhadap alam sekitar yang tergambar dalam sikap warga Cekungan Bandung terhadap alam tempat tinggalnya agar pembangunan berkelanjutan nyata adanya. Demikian pula cerita ilmiah tentang terbentuknya satu landscape permukaan bumi tidak kalah menarik dari cerita-cerita mitos yang menyertainya. Alih-alih sekedar memberikan hiburan, cerita ilmiah memberikan sikap hati-hati (*awareness*) terhadap semua kemungkinan logis dari perilaku dinamis bumi yang dapat mempengaruhi hidup manusia sekarang dan di masa depan.

Seperti warga pada umumnya bahwa wilayah Bandung dikelilingi pegunungan, namun sayangnya tidak banyak warga Bandung yang mengetahui keadaan geologi cekungan Bandung yang unik dan banyak menyimpan misteri geologi yang perlu diketahui dan dipelajari, agar dalam memanfaatkan sumber daya alamnya tidak merugikan masyarakat yang tinggal di dalamnya bahkan seharusnya bermanfaat secara berkelanjutan, karena banyak potensi yang dapat dimanfaatkan untuk kemaslahatan. Pengetahuan mendalam tentang kondisi khas kondisi geologi Cekungan Bandung menjadi sangat penting, terbukti seorang perintis peneliti geologi bernama Franz Junghuhn (lahir di Mansfeld Jerman, 1809 dan wafat di Bandung, 1864) telah membuat karya tentang kegeologian. Karyanya yang paling masyhur, *Java: Seine Gestalt, Pflanzendecke, und Innere Bauart* (Jawa, Bentuk, Vegetasi, dan Struktur Pembentuknya), yang terdiri atas tiga volume, pada volume III setebal 329 halaman, khusus membahas mengenai geologi Pulau Jawa. Di dalamnya tercakup pembahasan mengenai sebaran mineral, sedimen, morfologi pegunungan, fosil hewan dan tanaman, formasi-formasi penting, batuan gunungapi, keberadaan metal, bahkan hingga mata air panas. Deskripsi fosil dan lokasi penemuannya menjadi lokasi A-Z, menjadi sumbangan sangat berharga bagi penelitian stratigrafi di Hindia.

Kini pun geologi Cekungan Bandung tetap menarik untuk diteliti khususnya terkait dengan kebencanaan, salah satunya dilakukan oleh Hiroaki Yamanaka, dari Tokyo Institute of Technology, Jepang, yang telah menyimpan banyak alat ukur pemindai getaran tremor di kota Bandung. Hal ini dilakukan dalam rangka kerjasama penelitian dengan peneliti-peneliti geofisika Indonesia. Hasilnya menunjukkan bahwa terdapat lapisan lunak yang tebal dibawah permukaan cekungan Bandung, yang terbentuk puluhan juta tahun lalu. Pada waktu itu Cekungan Bandung bukanlah berupa daratan melainkan lautan. Tanah tempat berdirinya Kota Bandung sekarang ini berada di dasar laut penuh dengan terumbu karang. Garis pantainya berada di sekitar daerah Pengalengan yang kini merupakan sebuah perkotaan di sebelah selatan Kota Bandung. Sementara penelitian terkait keunikan geologi dan potensi objek geowisata banyak dilakukan oleh Budi Brahmantyo dan T. Bachtiar melalui penerbitan beberapa buku, diantaranya buku berjudul “Wisata Bumi Cekungan Bandung” yang diterbitkan pada 2009 lalu dan buku berjudul “Bandung Purba” yang diterbitkan pada 2014.



Gambar 1.1. Peta Geologi Bandung dan Sekitarnya karya Franz Junghuhn (1855). Beliau lahir di Mansfeld Jerman pada 1809 dan wafat di Bandung pada 1864, adalah salah satu perintis penelitian geologi di Hindia Belanda, terutama di Jawa.

1.2.2. Bandung “Diriung Ku Gunung”

Saat ini Cekungan Bandung berada dalam deretan gunungapi, yang termasuk dalam sistem busur kepulauan Sunda. Summerfield (1999) dalam Brahmantyo (2005) merinci sistem busur kepulauan ini menjadi sistem busur ganda yang terdiri atas busur magmatik/vulkanik (Pulau Jawa) yang juga disebut sebagai busur dalam (*inner arc*), serta busur non-vulkanik yang merupakan busur luar (*outer arc*) yang berada di laut selatan Pulau Jawa. Demikian pula wilayah Cekungan Bandung berada pada busur magmatik/vulkanik dan menurut Pannekoek (1946), fasa tektonik yang terjadi di wilayah ini adalah rezim tensional yang memotong busur vulkanik, bersamaan dengan kegiatan dan pengangkatan magmatic (kerak bumi) yang terjadi sekitar 10 juta tahun lalu, sehingga kawasan ini berubah menjadi daratan. Proses tersebut juga diikuti oleh munculnya gunung-gunungapi yang tersebar baik di daerah selatan maupun daerah utara. Beragam gunungapi lainnya juga terus tumbuh dan kemunculan gunung api tersebut tidak lepas dari pengaruh kegiatan tektonika dan pensesaran di daerah Cekungan Bandung, sehingga bentuk daerah ini berubah menjadi cekungan yang dinamakan Cekungan Bandung.

Kini, gunungapi-gunungapi yang terbentuk dan mengelilingi Cekungan Bandung itu dapat disaksikan dengan jelas dari pusat Kota Bandung. Di bagian utara cekungan terlihat pesona Gunung Tangkubanparahu dan Gunung Burangrang sebagai anak dan dinding kaldera Gunung Sunda, sementara di bagian utara bagian timur tepatnya di bagian timurlaut terdapat Gunung Bukittinggul yang merupakan gunung tertinggi di bagian utara dan Gunung Manglayang yang seolah menutup bagian timur Cekungan Bandung. Bila melihat ke arah selatan dari Kota Bandung, maka terlihat menjulang Gunung Malabar, Gunung Tilu dan Gunung Patuha, gunung-gunung yang kaya akan potensi hidrothermal (panasbumi). Sedangkan bukit-bukit kapur Padalarang-

Rajamandala tempat beradanya manusia purba dalam sebuah gua yang bernama Gua Pawon dan kegiatan pertambangan mengelilingi cekungan di bagian barat. Di dalam cekungan, mengalir sungai Citarum Purba yang mata airnya berasal dari gunung-gunung tersebut.

1.2.3. Danau Bandung Purba

Sebelum terbentuk gunung-gunung di bagian utara Cekungan Bandung, terdapat sebuah gunung besar bernama Gunung Sunda, gunung yang tingginya diperkirakan mencapai 4.000 meter memiliki puncak yang diselimuti salju. Letusan dahsyat pada 105 ribu tahun lalu, meluluhlantakkan 2/3 bagian gunung ini dan membentuk kaldera besar seluas 6 x 8 kilometer. Dari dasar kaldera inilah muncul Gunung Tangkubanparahu beberapa ribu tahun kemudian. Saat itu muntahan material dari letusan Gunung Sunda menutupi areal yang sangat luas, menyapu rimba belantara dengan pohon-pohon besarnya, dan mengubur binatang-binatang besar yang menghuni daerah tersebut seperti badak, kuda nil dan rusa. Aliran sungai Citarum Purba juga turut terbendung, mempercepat proses terjadinya danau yang pembentukannya telah dimulai beberapa ribu tahun sebelumnya akibat aktivitas tektonik. Pada akhirnya cekungan yang terisi air secara maksimal dinamakan Danau Bandung.



Gambar 1.2. Ilustrasi Danau Bandung Purba, yang terbagi menjadi dua subbagian, yaitu Danau Bandung Purba Barat dan Danau Bandung Purba Timur. Keduanya di batasi oleh Curog Jompong.

Menurut Brahmantyo, dr., (2002), Cekungan Bandung sudah tergenang jauh sebelum 135.000 tahun lalu, namun 10.000 tahun kemudian atau 125.000 tahun yang lalu pembentukan danau semakin sempurna karena Sungai Citarum Purba di utara Padalarang tertutup material letusan Gunung Tangkubanparahu. Penggalan sungai ke arah hilir, kini menjadi Cimeta, sebuah sungai kecil dalam lembah besar Citarum Purba. Air sungai Citarum yang tertutup itu meluber, kemudian terperangkap di Cekungan Bandung. Air semakin tinggi, dan mencapai puncaknya sekira 35.000 tahun yang lalu, dengan paras air danau tertinggi pada kontur 712,5 m. Danau raksasa ini terentang antara Cicalengka di timur hingga Rajamandala di barat, antara Dago bawah di utara hingga Majalaya dan Banjaran di selatan.

Brahmantyo pun mengilustrasikan, bila pada 35.000 tahun yang lalu kita sedang melaju dalam kendaraan di persimpangan Jalan Soekarno-Hatta dengan Jalan Kopo, saat itu Danau Bandung Purba telah mencapai paras danau tertinggi pada kontur 712,5 m di atas permukaan laut (dpl.), yang artinya kita sedang melaju di dasar danau dengan kedalaman 26,5 m. Titik perempatan Jalan Soekarno-Hatta dengan Jalan Cigereleng, di sana kedalamannya 32,5 m. Di perempatan Jalan Soekarno-Hatta dengan Buahbatu, 36,5 m. Semakin dalam bila kita berada di ujung timur jalan Soekarno - Hatta, di persimpangan Cibiru, di sana kedalamannya mencapai 39,5 m. Keadaannya bisa semakin dalam bila kita berada di bagian tengah jalan tol Padalarang-Cileunyi. Sementara bila kita sedang berada di pintu tol Pasirkoja, di sana kedalamannya hanya 26,5 m. Pintu tol Kopo, kedalamannya mencapai 41,5 m. Apalagi bila kita berada di pintu tol Cigereleng, kedalamannya mencapai 43,5 m. Sedangkan di pintu tol Buahbatu, kedalamannya sama seperti di perempatan Jalan Soekarno-Hatta dengan Jalan Buahbatu.

Pada akhirnya Danau Bandung Purba barat mendapat tempat penglepasan, yang menurut Budi Brahmantyo (2002) terjadi pembobolan di punggung breksi Pasir Kiara di selatan Rajamandala. Dengan bobolnya Danau Bandung Purba barat di Pasir Kiara, maka air yang mengalir menyusut itu menjadi "pisau" tajam yang menoreh ke arah hulu, menyayat bebatuan intrusif di rangkaian gunung api tua di Pematang Tengah tepatnya di Curug Jompong-Lagadar. Namun masyarakat umumnya mengenal tempat jebolnya Danau Bandung Purba itu di Sanghiyangtikoro Rajamandala. Hal ini karena tertulis dalam buku pelajaran sekolah yang mengacu pada buku Geologi Indonesia tulisannya J.A. Katili seorang professor geologi, sehingga semua guru geografi (Ilmu Bumi) mengajarkannya. Namun, kini Pasir Kiara sebagai tempat bobolnya Danau Bandung semakin di kenal.

Memang Sanghiyangtikoro sebagai sungai bawah tanah yang sangat melegenda itu menjadi banyak pembicaraan para ahli kebumian, baik dari sisi geologi maupun budaya. Legenda itu diilustrasikan bila kita memasukkan lidi ke mulut Gua Sangiangtikoro, lalu lidi terbawa masuk ke dalam, konon terdengar jerit kesakitan. Cerita ini mengumpamakan seperti *tikoro* (tenggorokan) yang sakit jika kemasukan duri. Gua itu diberi sebutan *tikoro* seakan-akan merupakan bagian dari anggota tubuh yang maha besar. Aliran Citarum itu bercabang dua. Satu cabang mengalir ke kiri, seperti sungai terbuka biasa, yang satu lagi ke arah kanan, menghilang ditelan gua batu kapur Pasir Sangiangtikoro, menjadi terowongan/sungai bawah tanah.

Tenggorokan dalam bahasa Sunda adalah *tikoro*. Maka, tempat penyayatan air di daerah batu kapur selatan Rajamandala itu seperti tenggorokan Dewata. Daerah itu kemudian dinamai Sangiangtikoro.

Batuan di Sangiangtikoro disebut batugamping, batu kapur, atau batu karang. Batuan kapur memiliki banyak rekahan yang memudahkan air menyelip mengisi retak-retak setipis selaput buah salak sekali pun. Perbukitan batu kapur itu merupakan hasil kegiatan organik, kehidupan laut, seperti hewan dan tumbuhan laut. Sekira 23 juta tahun yang lalu, Pulau Jawa belum seluruhnya muncul di permukaan laut. Binatang koral mengendap di laut dangkal yang jernih antara Tagogapu Rajamandala-Palabuanratu. Batu kapur terdiri atas kalsium karbonat (CaCO_3). Batuan ini dapat larut dalam air yang menghasilkan gas karbon dioksida (CO_2) yang berasal dari atmosfer, yang pada umumnya terdapat di semua perairan permukaan. Sungai bawah tanah Sangiangtikoro adalah hasil proses pelarutan sehingga dipercaya sebagai tempat bobolnya Danau Bandung Purba.

Betapa melekatnya legenda, sehingga membuat maestro geologi van Bemmelen percaya pula sebagai tempat bobolnya Danau Bandung Purba. Van Bemmelen yang sangat kagum pada sakakala Sangkuriang itu, melihat ada kesamaan urutan kejadian antara sakakala dengan proses geologi Bandung. Tak ayal lagi pendapat suhu ilmu kebumian ini dimakmumi oleh hampir semua ahli geologi termasuk J.A. Katili. Dengan dukungan dari para ahli geologi dunia dan Indonesia sampai sekarang pun orang tetap masih meyakini Danau Bandung Purba bobol di Sangiangtikoro. Hanya K. Kusumadinata, seorang vulkanolog pada tahun 1959 mengisyaratkan bahwa bobolnya Danau Bandung Purba itu bukan di Sangiangtikoro, seperti yang tertulis pada laporannya, berikut ini:

“... Pintu air baru yang melalui pegunungan tua ini, terletak di antara gunung-gunung Puncaklarang (885 m.) dan Bentang (700 m.). Pada garis-batas-air dahulu terdapat pinggir dari dindingnya yang curam di sebelah kanan jurang Citarum (745 m.), sedang di selatan letaknya lebih ke bawah jalan di dataran dekat puncak Gunung Kadut yang kecil, di tepi kiri pada tinggi 710 meter dan sebelah kanannya pada tinggi 740 m. Sela gunung, di mana untuk pertama kalinya mengalir air dari Citarum yang sekarang, dengan demikian mungkin terletak di antara 700 m dan 740 m dan menentukan tinggi permukaan air paling atas...”

Hanya saja, laporan itu kurang mendapat tanggapan yang baik dari para ahli. Namun kemudian oleh Budi Brahmantyo (2002) dijelaskan melalui tulisannya dalam Majalah Geologi Indonesia, volume 17, nomor 3, IAGI, Jakarta, bahwa air Danau Bandung Purba itu tidak bobol di Sangiangtikoro, bahkan menegaskannya bahwa air Danau Bandung Purba sama sekali tidak bersentuhan dengan Sangiangtikoro. Dalam tulisan itu disebutkan ada 3 faktor yang memperkuat pendapatnya, bahwa Sangiangtikoro bukan tempat bobolnya air Danau Bandung Purba, melainkan melalui *hogback/lalangasu/pasiripis* Puncaklarang dan Pasir Kiara, yaitu.

Pertama, morfologi Pasir Sangiangtikoro dengan Puncaklarang dan Pasir Kiara sebagai bibir Danau Bandung Purba, terpisah sejauh 4 km dengan perbedaan ketinggian antara 300 - 400 meter.

Kedua, keadaan Puncaklarang dan Pasir Kiara sebagai dinding penghalang itu berupa *breksi* Formasi Saguling yang kompak dan keras.

Ketiga, terbentuknya Gua Sangiangtikoro tidak berhubungan secara langsung dengan Danau Bandung Purba. Proses pelarutan batu kapur disana hanya dipengaruhi oleh muka air tanah.

Secara evolutif, erosi mudik di sungai dan mata air itu akhirnya mampu mengikis *breksi* Formasi Saguling yang kompak dan keras sampai akhirnya Danau Bandung Purba itu bobol, kemudian menyayat membentuk celah di antara Puncaklarang dan Pasir Kiara. Dengan bobolnya Danau Bandung Purba barat, maka terjadi erosi ke hulu sehingga menyayat perbukitan Pematang Tengah yang berupa batuan intrusif yang muncul kira-kira 4 juta tahun yang lalu. Batuannya terdiri atas batuan andesit, dasit, dan basal yang keras. Pematang itu memisahkan antara Danau Bandung Purba timur dengan Danau Bandung Purba barat. Dengan tersayatnya Pematang Tengah di Curug Jompong, maka Danau Bandung Purba timur akhirnya menyusut pula.

Keberadaan Curug Jompong mudah dijangkau bila dibandingkan dengan Puncaklarang dan Pasir Kiara. Disana terlihat bebatuan yang kompak dan keras dikikis air, membentuk permukaan batuan yang terlihat indah, kokoh, dan mengagumkan, walaupun berada dalam lingkungan Citarum yang kotor. *Curug* yang berarti air terjun dan *jompong* yang berarti mojang atau remaja putri, sudah dikenalkan oleh van Bemmelen pada 1936 dengan menuliskan pada petanya, bahwa di pertemuan Cimahi dengan Citarum di sekitar Curug Jompong terdapat batuan metamorf akibat adanya kontak antara batuan intrusif dengan batu gamping. Saat ini, Curug Jompong tidak mendapat perhatian, ditelantarkan, padahal dapat dijadikan laboratorium dan monumen bumi dalam rangkaian sejarah bumi Bandung.

Sejak air Danau Bandung Purba bersentuhan dengan batuan intrusif di Pematang Tengah, secara evolutif air yang sangat halus itu menyayat batuan yang amat keras sehingga air Danau Bandung Purba dapat melewati Pematang Tengah. Itulah sebabnya tempat tersayatnya batuan intrusif yang keras itu dinamai Curug Jompong. Kerasnya rangkaian batuan dianalogikan sebagai mojang, sebagai gadis remaja, yang kemudian tersayat oleh kehalusan air Danau Bandung Purba. Selaputdara bumi Bandung tersayat, sehingga air Danau Bandung Purba itu menembus batuan.

Pada saat Danau Bandung Purba barat surut, keadaan Danau Bandung Purba timur masih tergenang, karena sayatan batuan intrusif di Curug Jompong belumlah terlalu dalam. Jadi, Danau Bandung Purba barat tergenang relatif bersamaan dengan Danau Bandung Purba timur, tapi surut lebih awal. Semakin lama sayatan di rangkaian gunungapi tua di Pematang Tengah itu mencapai titik terendahnya di Curug Jompong, maka menyusutlah Danau Bandung Purba timur, maka menyusut pula danau raksasa tersebut. Menurut M.A.C. Dam (1996), Danau Bandung Purba menyusut 16.000 tahun yang lalu.

1.2.4. Batas Wilayah Cekungan Bandung

Terkait dengan batas wilayah Cekungan Bandung, terdapat 4 anggapan mengenai

batas luasan Cekungan Bandung (Brahmantyo, 2004), yaitu:

1. Dataran Tinggi Bandung (wilayah administratif Kota Bandung saat ini kecuali kawasan Kota Bandung utara yaitu sebelah utara jalan raya timur meliputi: Surapati-Cicaheum-Ujungberung-Cileunyi).
2. Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum Hulu.
3. Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum-Rajamandala (Waduk Saguling).
4. Batas Administratif Kabupaten Bandung Bagian Barat.

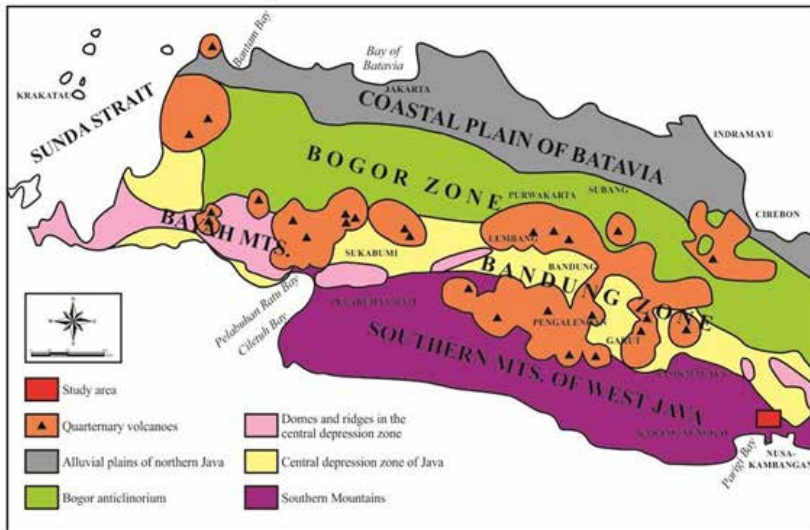
Menurut Brahmantyo (2005), batasan Cekungan Bandung adalah daerah yang didasarkan pada sebaran endapan danau Bandung purba yang secara morfologis membentuk Dataran Danau Bandung dan daerah sekelilingnya yang merupakan sumber asal endapan danau, sehingga Cekungan Bandung adalah cekungan topografi yang membentuk daerah pengaliran Citarum hingga berakhir di titik aliran Citarum pada daerah perbukitan Rajamandala (Pasir Kiara-Pasir Larang, berdekatan dengan poros bendungan Saguling). Pendapat tersebut menunjukkan bahwa batasan Cekungan Bandung ini sesuai dengan anggapan ke-3 yaitu DAS Citarum-Rajamandala (Waduk Saguling).

Batasan Cekungan Bandung lainnya sesuai kebutuhan rencana tata ruang mengacu pada Peraturan Presiden (Perpres) RI No. 45 Tahun 2018 meliputi lima wilayah administratif, yaitu: Kabupaten Bandung (176.812 Ha); Kabupaten Bandung Barat (130.577,40 Ha); sebagian Kabupaten Sumedang (Kecamatan Cimanggung, Tanjungsari, Sukasari, Jatinangor, Rancakalong, dan Pamulihan) seluas 15.486 Ha; serta Kota Cimahi seluas 4.023 Ha dan Kota Bandung seluas 16.729,65 Ha sebagai kota inti. Berdasarkan batasan perpres tersebut Cekungan Bandung memiliki luas kurang lebih 343.087 hektar. Bagian terendah Cekungan Bandung merupakan dataran dengan luas kurang lebih 75.000 hektar dan elevasi sekitar +650 m sampai +700 m di atas muka laut. Cekungan Bandung dikelilingi oleh banyak gunung-gunung dengan elevasi mencapai lebih dari +2.000 m di atas muka laut.

1.3. GEOLOGI CEKUNGAN BANDUNG

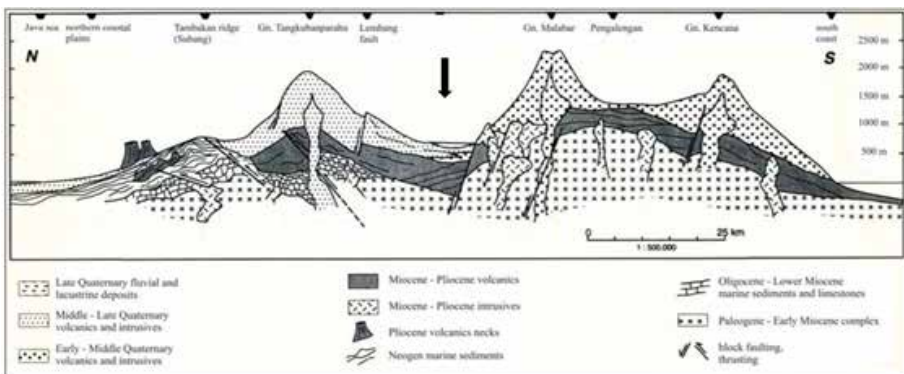
1.3.1. Fisiografi Cekungan Geologi

Menurut van Bemmelen (1949), fisiografis daerah Jawa Barat dapat dibagi menjadi 5 bagian besar (Gambar 1.4), yaitu Dataran Aluvial Jawa Barat Utara, Antiklinorium Bogor, Kubah dan Pegunungan pada Zona Depresi Tengah, Zona Depresi Tengah Jawa Barat, dan Pegunungan Selatan Jawa Barat. Zona Bandung merupakan daerah gunungapi yang relatif memiliki bentuk depresi dibandingkan zona yang mengapitnya yaitu Zona Bogor dan Zona Pegunungan Selatan. Sebagian besar terisi oleh endapan aluvial dan vulkanik muda (Kwartir) dari produk gunungapi yang terletak pada dataran rendah di daerah perbatasan dan membentuk barisan. Walaupun Zona Bandung membentuk depresi, ketinggiannya masih terbilang cukup besar seperti misalnya depresi Bandung dengan ketinggian 700-750 mdpl (meter di atas permukaan laut).



Gambar 1.3. Cekungan Bandung dalam Fisografi Jawa Barat, (van bemmelen, 1949).

Dari Gambar 1.3 di atas, dapat dikatakan Cekungan Bandung termasuk dalam Zona Gunungapi Kuarter yang dibatasi zona depresi tengah Bandung di utara, dan Zona Pegunungan Selatan Jawa Barat di selatan. Namun, menurut Brahmantyo (2005) Zona Bandung dibatasi oleh pegunungan plateau tererosi dengan sedimen bercirikan endapan gunungapi tua dan intrusi-intrusi yang berumur Tersier hingga Kuarter. Walaupun didominasi oleh gunungapi Kuarter, di pegunungan ini masih terdapat gunungapi Tersier, terutama di pegunungan selatan berdasarkan litostratigrafi menurut Koesmono (1996) dan Alzwar (1992). Secara fisik, bentang alam Cekungan Bandung memperlihatkan cekungan berbentuk lonjong (elips) memanjang berarah timur tenggara-barat barat laut. Cekungan Bandung ini dimulai dari daerah Nagreg di sebelah timur sampai ke Padalarang di sebelah barat dengan jarak horizontal lebih kurang 60 km. Sementara itu, jarak utara-selatan mempunyai lebar sekitar 40 kilometer.



Gambar 1.4. Cekungan Bandung Penampang Geologi Skematik Utara-Selatan Jawa Barat (Sumber: Dam, 1994).

1.3.2. Bentang Alam Cekungan Bandung

Secara umum kondisi geomorfologi terbagi menjadi empat satuan yaitu: Satuan Geomorfologi Pedataran, Satuan Geomorfologi Perbukitan Struktural, Satuan Geomorfologi Perbukitan Intrusi, Satuan Geomorfologi Perbukitan Vulkanik dan Satuan Geomorfologi Perbukitan Struktural Vulkanik), (Gambar 1.5). Batuan penyusun pada Cekungan Bandung tersusun oleh batuan vulkanik dari pegunungan di sekitarnya berupa breksi, tuff dan lava selain itu terdapat juga batuan sedimen klastik berupa konglomerat, batupasir, batulempung dan batugamping pada bagian barat lembar peta. Kini, wilayah Cekungan Bandung digunakan dominan untuk pemukiman pada bagian tengah dan perkebunan hingga persawahan dibagian utara.

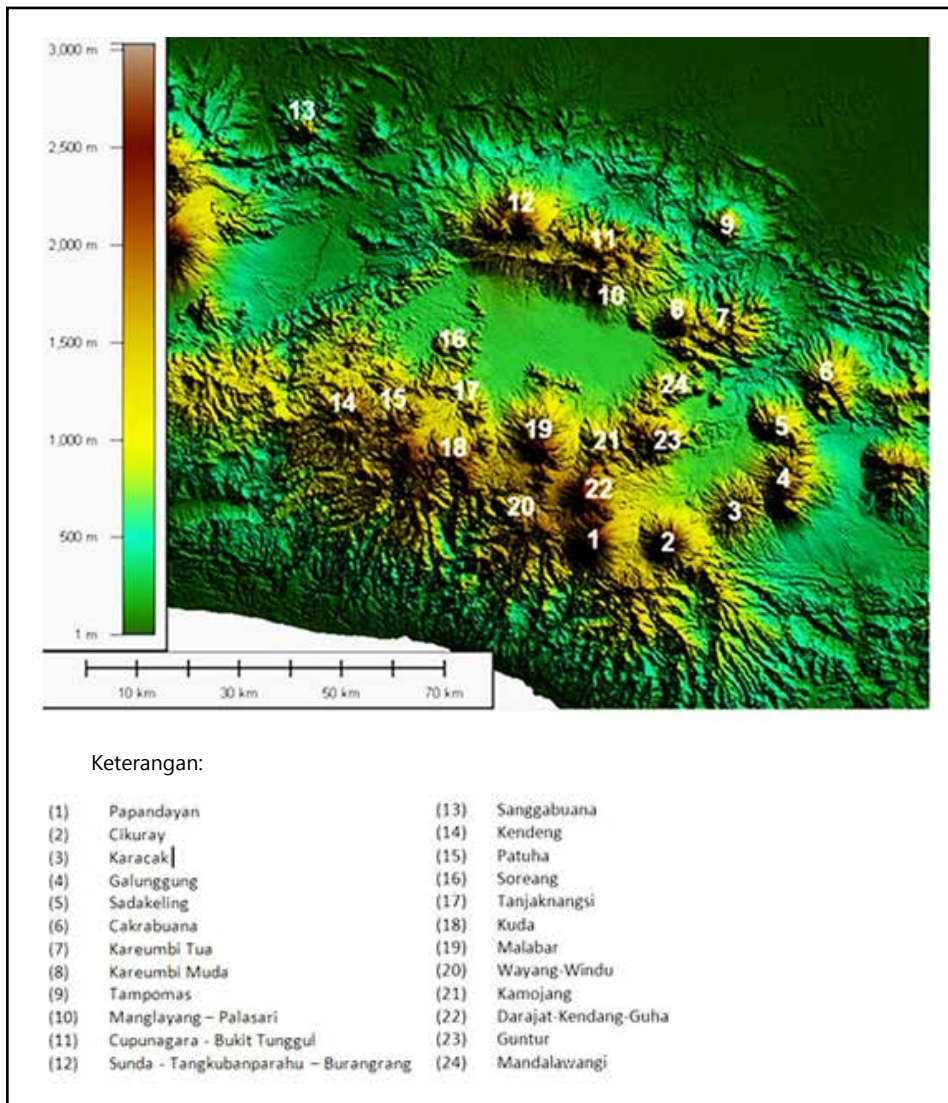
1.3.2.1. Bentang Alam Pegunungan

Bentang alam gunung-gunung yang mengelilingi Cekungan Bandung ini umumnya berupa kerucut gunung api yang menampakkan bentuk fasies sentral (puncak gunung), fasies proksimal (lereng atas), fasies medial (lereng bawah), dan fasies distal (kaki gunung dan dataran). Pada gunung api muda berumur Kuarter dicirikan oleh bentuk kerucut yang keempat fasiesnya masih utuh dengan pola aliran sungainya menyebar dari puncak gunung (radial pattern). Pada gunung api yang semakin tua bentuk kerucutnya semakin “kasar”/bergelombang akibat erosi yang semakin lanjut, dengan pola aliran sungainya berbentuk mendaun (dendritic pattern). Posisi bentang alam pegunungan di pinggiran Cekungan Bandung tersebut dapat dikelompokkan menjadi tiga, yakni bagian timur, tengah, dan barat (Gambar 1.5).

Batas utara terdiri atas kompleks Gunung Burangrang-Sunda (2004 mdpl)-Tangkubanparahu (2075 mdpl), Gunung Bukittunggul (2209 mdpl), Gunung Manglayang (1818 mdpl), dan Gunung Palasari (2000 mdpl), Gunung Tampomas (1684 mdpl). Sedangkan di bagian timur dimulai dari dataran Nagreg sampai dengan Cicalengka; bagian tengah membentang dari Cicalengka hingga Cimahi-kompleks perbukitan Gunung Lagadar, dan cekungan bagian barat terletak di antara Cimahi-Batujajar hingga Cililin dan Waduk Saguling.

Batas timur berupa tinggian batuan Gunungapi Bukitjarian (1440 mdpl), Gunung Karengseng-Gunung Kareumbi (1685 mdpl), kompleks batuan Gunungapi Purba Nagreg sampai dengan Gunung Mandalawangi (1663 mdpl). Batas selatan terdiri atas kompleks gunungapi Kamojang (1730 mdpl), Gunung Malabar (2321 mdpl), Gunung Tilu (2040 mdpl), Gunung Patuha (2434 mdpl), Gunung Sanggar (1660 mdpl), Gunung Kendeng (2617 mdpl), dan Gunung Guntur (2249 mdpl). Sedangkan, di sebelah barat Cekungan Bandung dibatasi oleh batuan gunungapi berumur Tersier dan batugamping yang termasuk ke dalam Formasi Rajamandala (Sudjatmiko, 1972). Dari sekian puncak-puncak gunung yang mengelilingi Cekungan Bandung, hanya Gunung Tangkubanparahu, Gunung Patuha, dan Gunung Guntur masih menunjukkan gejala aktivitas vulkanisme tipe A, sementara yang lainnya boleh dikategorikan sebagai gunung api tipe B, dan sebagian lainnya dapat dikatakan sudah mati.

Banyak dari kerucut gunungapi tersebut nisbi tua dan lambungnya banyak tertoreh



Gambar 1.5. Secara fisik, bentang alam Cekungan Bandung memperlihatkan cekungan berbentuk lonjong (elips) memanjang berarah timur tenggara-barat barat laut. Cekungan Bandung ini dimulai dari daerah Nagreg di sebelah timur sampai ke Padalarang di sebelah barat dengan jarak horizontal lebih kurang 60 km. Sementara itu, jarak utara – selatan mempunyai lebar sekitar 40 km. (Sumber: Supardiyono Sobirin).

sungai secara dalam, sehingga banyak dijumpai lembah dengan tebing terjal bersudut besar, tidak jarang yang memiliki sudut lereng lebih dari 70%. Hal ini dapat dilihat pada lereng Gunung Burangrang, Bukittunggul, Canggak, Manglayang, Malabar, sehingga kerucut tersayat lembah terjal tersebut menunjukkan potensi longsor yang harus diwaspadai. Sedangkan kearah pedataran Cekungan Bandung, kerucut gunungapi melandai membentuk kaki gunungapi. Kemiringan lahannya berkisar



Gambar 1.6. Kenampakan morfologi pedataran Kota Bandung yang dikelilingi oleh perbukitan (diambil dari daerah Gunung Batu ke arah utara).

antara 5-15%. Dari keragaman kemiringan lereng di Cekungan Bandung tersebut, secara umum dapat dikatakan memiliki sudut lereng rata-rata Cekungan Bandung berkisar 30-40%.

Dari kerucut gunungapi ini bermunculan mata air yang menjadi sumber sungai yang mengalir ke wilayah pedataran Cekungan Bandung, baik dari utara, timur, dan selatan menjadi anak-anak sungai Citarum dan kemudian mengalir berkelokkelok dari timur ke barat di dataran rendah Bandung melewati Curug Jompong dan terus bermuara di Waduk Saguling. Curug Jompong adalah bentukan alam air terjun Sungai Citarum karena adanya pematang batuan beku dasit yang melintang sungai.

Setelah melewati Curug Jompong, Sungai Citarum menerobos daerah selatan Rajamandala yang dikenal memiliki morfologi Pematang Homoklin, yang merupakan perbukitan yang membentuk perbukitan Rajamandala-Padalarang yang memanjang sepanjang Timur-Timurlaut-Baratdaya pada dinding barat Cekungan Bandung pada ketinggian berkisar antara 800-1000 mdpl. Pematang homoklin ini menunjukkan lereng Utara lebih terjal dari pada lereng Selatannya, karena dipengaruhi batuan penyusunnya. Batuan pembentuknya adalah berbagai formasi batuan sedimen laut berumur Tersier, antara lain batugamping dan batulempung Formasi Rajamandala, batupasir graywacke dan batulempung Formasi Citarum, serta breksi gunungapi. Formasi batuan ini pada umumnya miring ke Selatan.

1.3.2.2. Bentang Alam Dataran Tinggi Cekungan Bandung

Cekungan Bandung yang pernah menjadi Danau Bandung Purba oleh Stehn dan Umbgrove (1929) di bagi menjadi dua bagian, yakni bagian timur dan barat. Danau Bandung Purba bagian Timur dimulai dari Cicalengka hingga Cimahi-kompleks perbukitan Gunung Lagadar, dan cekungan bagian barat terletak di antara

G.Silacau (866 mdpl), G. Geulis, dan sebagainya. Umumnya terdiri atas batuan sedimen gunungapi kasar, lava, dan atau intrusi batuan intermedier, seperti Andesit, Dasit.

1.3.3. Stratigrafi Cekungan Bandung

Litologi penyusun wadah dan isi Cekungan Bandung adalah batuan gunung api yang secara stratigrafi kegiatan vulkanismenya sudah dimulai sejak Kala Paleosen. Berdasarkan Bronto and Hartono (2006), kemungkinan pembentukan Cekungan Bandung disebabkan oleh 4 hal utama yaitu:

1. Merupakan cekungan antar gunung (intra-mountain basin), sebagai bentukan utamanya adalah proses eksogen.
2. Merupakan graben, sebagai bentukan murni deformasi tektonika.
3. Merupakan kaldera, sebagai bentukan murni letusan gunung api.
4. Merupakan volcano-tectonic calderas, sebagai hasil perpaduan proses tektonika dan vulkanisme.

Menurut Sampurno (2004 dan Hutasoit (2009), stratigrafi wilayah Cekungan Bandung dikelompokkan ke dalam beberapa formasi geologi berumur antara Oligosen hingga Resen, sebagai berikut (lihat Gambar 1.9):

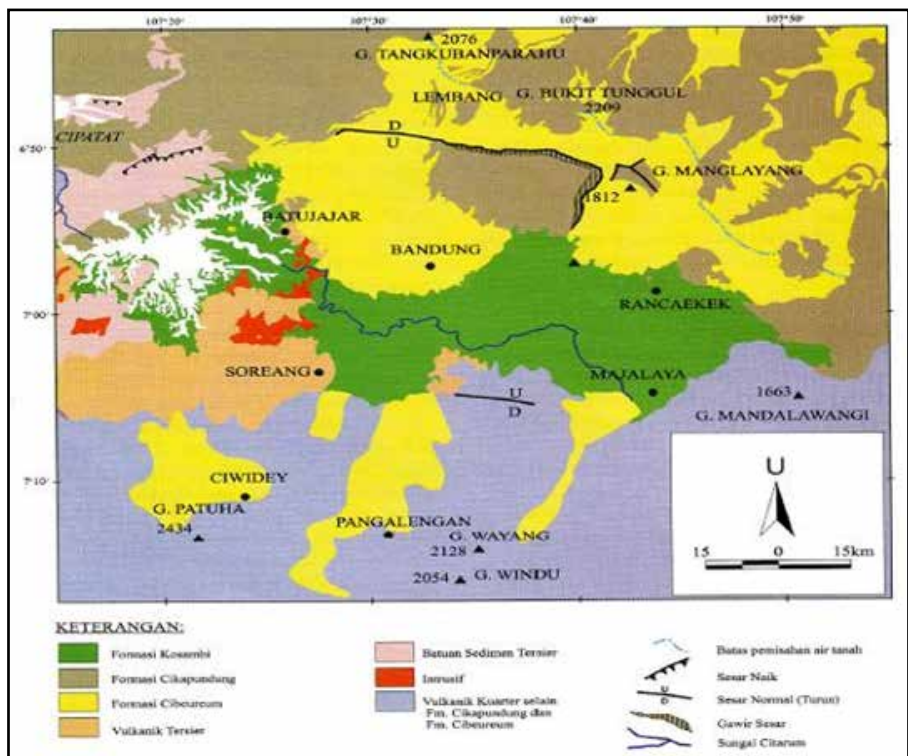
- a. **Formasi Cibereum**, sebaran berbentuk kipas yang bersumber dari Gunung Tangkubanparahu. Formasi ini terutama terdiri atas perulangan breksi dan tuf dengan tingkat konsolidasi rendah serta beberapa sisipan lava basal, dengan umur Plistosen Akhir-Holosen. Breksi dalam formasi ini adalah breksi vulkanik yang disusun oleh fragmen-fragmen skorja batuan beku andesit basal dan batu



Gambar 1.8. Kenampakan morfologi pedataran yang pada umumnya dijadikan daerah pesawahan dan pemukiman.

apung. Tufa dari Gunung Tangkubanparahu yang menyebar hingga Lembang, beberapa tempat di Dago, dan Kipas Aluvial Bandung utara, sebagian besar mengandung batu apung. Tufa yang membentuk daerah Gunung Burangrang, Gunung Sunda, Gunung Bukit Tunggul, Gunung Canggak dan perbukitan Dago Utara hingga Maribaya terdiri atas breksi vulkanik berselingan dengan endapan lahar, tufa halus dan lidah-lidah lava. Sifat batuan umumnya sedikit kompak daripada tufa berbatu apung. Lapisan endapan vulkanik di sebelah utara umumnya menunjukkan kemiringan ke arah selatan sekitar 5-7 derajat. Pada permukaannya, endapan vulkanik menunjukkan tanah hasil pelapukan yang bersifat gembur dan mudah terkikis tetapi subur.

- b. **Formasi Kosambi**, diusulkan oleh Koesoemadinata dan Hartono (1981) untuk menggantikan nama Endapan Danau yang digunakan oleh Silitonga (1973). Sebaran formasi ini dipermukaan adalah di bagian tengah. Litologinya terutama terdiri atas batu lempung, batu lanau dan batu pasir yang belum kompak dengan umur Holosen. Kedudukan lapisan umumnya horisontal dengan hubungan antar lapisan kadang-kadang berbentuk silang jari. Selain endapan danau, terdapat juga endapan aluvial yang terdiri atas kerikil, pasir, lanau dari endapan sungai atau endapan banjir pada umumnya bersifat lepas sampai tersemen lemah, atau plastis bahkan dapat bersifat mengalir bila jenuh air. Pasir lepas dan kerakal endapan sungai masih mengandung cukup banyak lumpur. Formasi ini mempunyai



Gambar 1.9. Peta Geologi Regional Cekungan Bandung dan sekitarnya, (Hutasoit, 2009).

hubungan menjemari dengan Formasi Cibeureum bagian atas.

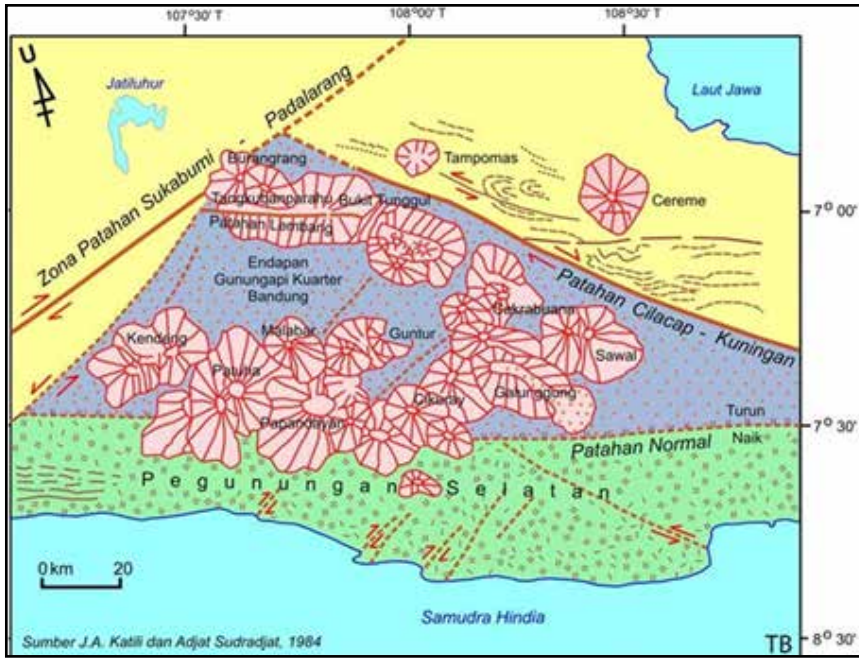
1. **Formasi Cikapundung**, merupakan satuan batuan tertua yang tersingkap di daerah penelitian (Koesoemadinata dan Hartono, 1981) dan terdiri atas konglomerat dan breksi kompak, tuf dan lava andesit. Umur formasi ini diperkirakan Plistosen Awal. Kekompakan litologi penyusun formasi ini dapat digunakan sebagai salah satu pembeda dengan formasi Cibeureum serta dasar untuk menentukan peran formasi ini sebagai batuan dasar hidrogeologi di kawasan Cekungan Bandung. Menurut Silitonga (1973) formasi ini adalah ekuivalen dengan Qvu. Selain formasi ini, berdasarkan sifat litologinya Qvl, Qvb, Qob, dan Qyl dapat dimasukkan sebagai batuan dasar. Satuan-satuan lain yang membentuk batuan dasar adalah batuan gunung api Kuartar (kecuali Formasi Cibeureum dan Formasi Cikapundung), batuan gunung api Tersier, batuan sedimen Tersier, dan batuan terobosan yang tercakup didalam peta geologi.
 2. **Vulkanik Tersier**, tersebar di sudut barat laut kota Soreang yang merupakan ibu kota Kabupaten Bandung. Dari citra landsat kawasan Gunung Soreang berbentuk membulat, sehingga puncaknya dinamakan Gunung Buleud, dan mempunyai relief paling kasar dibandingkan dengan kawasan gunung api yang lain. Di bagian tengah terdapat morfologi cekungan melingkar yang diperkirakan sebagai fasies sentral gunung api purba tersebut. Batuan pada fasies proksimal membentuk punggung perbukitan yang melandai ke arah fasies medial, tetapi berlereng curam menuju fasies sentral. Agak terpisah di tepi timur laut terdapat tinggian yang juga mempunyai bentuk bukaan ke arah timur menghadap ke Dataran Bandung. Bentuk tinggian dan bukaan tersebut diperkirakan sebagai kerucut gunung api kedua di dalam kawasan Gunung Soreang. Batuan beku ini berwarna abu-abu terang, sangat keras, bertekstur porfi roafanitik, berstruktur massif sampai berlubang halus, mengandung fenokris plagioklas, horenblenda, dan kuarsa di dalam massa dasar afanitik). Berdasarkan hasil penelitian Sunardi dan Koesoemadinata (1999) di Selacau dan Paseban yang berada di sebelah utara kawasan Gunung Soreang, maka gunung api purba tersebut diperkirakan aktif pada umur Pliosen Bawah atau sekitar 4,0 jtl.
- c. **Batuan Sedimen Tersier**, merupakan satu-satunya batuan sedimen non gunungapi yang tersingkap di sebelah barat Cekungan Bandung adalah Formasi Rajamandala (Sudjatmiko, 1972), yang tersusun atas batugamping, batulempung, napal, dan batupasir kuarsa yang berumur Oligosen. Masing-masing jenis batuan dijelaskan sebagai berikut:
1. Batugamping tersingkap di daerah barat lokasi pemetaan terutama di sepanjang jalur Padalarang-Cianjur. Satuan ini membentuk morfologi perbukitan struktural yang memanjang berarah barat-timur dengan ketinggian mencapai 200m. Satuan ini tersusun oleh batugamping terumbu dan batugamping klastik berlapis, tersingkap baik di kawasan Stone Garden dan tambang-tambang batugamping di sepanjang Citatah. Batugamping terumbu berwarna kecoklatan dengan koral-koral dan batugamping

- wackestone, packstone dan rudstone berwarna abu-abu terang, klastika sedang-kasar, kaya akan fosil foram besar dan terkekarkan intensif;
2. Batulempung tersingkap baik di daerah Citatah, Padalarang. Menempati morfologi perbukitan struktural dan tersusun oleh litologi batulempung yang berselingan dengan batupasir berwarna abu-abu cerah, ukuran butir pasir sangat halus- halus, bentuk butir membundar tanggung, terpilah baik, berlapis baik dan kaya akan fosil foraminifera;
 3. Napal berwarna abu-abu tua, batulempung napalan dan batugamping napalan; dan
 4. Batupasir yang berselingan dengan batulempung dan batulanau berlapis baik dan menunjukkan struktur khas sedimen turbidit.
- d. **Batuan Intrusi**, merupakan batuan beku terdapat disekitar daerah Gunung Bohong, Cimahi dan menempati morfologi perbukitan soliter. Satuan ini tersusun oleh litologi andesit, basalt dan diorit dengan umur yang belum diketahui.
 - e. **Vulkanik Kuarter**, sebarannya di wilayah Bandung Selatan (selain yang termasuk Formasi Cikapundung dan Formasi Cibeureum) dibagi menjadi banyak satuan, antara lain batuan gunung api Guntur, Pangkalan dan Kendang, batuan gunung api Mandalawangi, dan batuan gunung api Malabar (Alzwar drr., 1992). Di wilayah Bandung timur, mulai dari daerah Sumedang, Nagreg hingga Garut, seluruhnya tersusun oleh batuan gunung api Kuarter (Silitonga, 1973; Alzwar drr., 1992). Bentuk kerucut gunung api yang masih cukup jelas antara lain Gunung Tampomas, Bukit Jarian, Gunung Kareumbi (Gunung Karenceng), dan Gunung Mandalawangi, sedangkan gunung api yang sudah tereosi lanjut termasuk tinggian batuan gunung api di sebelah timur Gunung Kareumbi sampai dengan Nagreg dimasukkan ke dalam satuan Batuan Gunung Api Tak Teruraikan.

1.3.4. Geologi Struktur Cekungan Bandung

Tektonika daerah Cekungan Bandung merupakan bagian dari tektonika regional wilayah Jawa Barat, berupa tektonik tunjaman frontal asimetri antara lempeng tektonik aktif Samudra Hindia-Australia dengan lempeng tektonik aktif Benua Eropa-Asia. Zona tektonik tunjaman tersebut berkedudukan ± 100 Km garis pantai selatan Jawa Barat pada kedalaman 0-30 km dan 30-300 km di bawah daratan Jawa Barat. Dinamika perlipatan dan struktur geologi regional tersebut diatas dikontrol gaya tektonik regional kompresi dari sistim tektonik tunjaman dengan arah Utara-Selatan. Selain itu dapat dijumpai juga gaya tektonik tarikan, pada zona-zona tertentu akibat relaksasi dari sistim gaya tektonik kompresi. Tektonik penunjaman regional di Selatan Jawa Barat ini memiliki kecepatan ± 6 cm/tahun.

Menurut J.A. Katili dan Adjat Sudrajat (1984) wilayah disekeliling Cekungan Bandung dipengaruhi element tektonik tunjaman berupa lipatan antiklin dan sinklin berarah relatif Barat-Timur dan struktur sesar regional yang di kenal sebagai segitiga sesar besar (volcanic triangle) yang mengelilingi gunungapi Kuarter, terdiri atas Sesar Sukabumi-Padalarang, Patahan Cilacap-Kuningan, dan Sesar Normal Pegunungan Selatan. Sedangkan, menurut Asdani, drr (2018), di dalam sesar regional tersebut



Gambar 1.10. Pola Struktur Geologi berupa sesar (patahan) besar yang melingkupi wilayah Cekungan Bandung. (Sumber J.A. Katili dan Adjat Sudrajat, 1984, modifikasi T. Bachtiar, 2015).

terdapat beberapa sesar, diantaranya adalah Sesar Gunung Geulis di sebelah Selatan Cekungan Bandung, Sesar Lagadar di sebelah Barat Cekungan Bandung, Sesar Cicalengka di sebelah Timur Cekungan Bandung, dan Sesar Lembang di sebelah Utara Cekungan Bandung.

Kemudian Martodjojo (2003) mengatakan bahwa pola kelurusan sesar yang berada di sekitar Cekungan Bandung umumnya berarah barat laut-tenggara, timur laut-barat daya dan sedikit yang berarah utara-selatan. Sesar-sesar berarah timur laut - barat daya mengikuti pola sesar arah Meratus, sesar berarah barat laut-tenggara mengikuti pola sesar arah Sumatera, sementara yang berarah utaraselatan dikontrol oleh sesar pada batuan dasar yang tersusun oleh batuan plutonik berupa granite dan batuan malihan.

1.4. ANEKA DATA PENDUKUNG KAJIAN GEOLOGI LINGKUNGAN

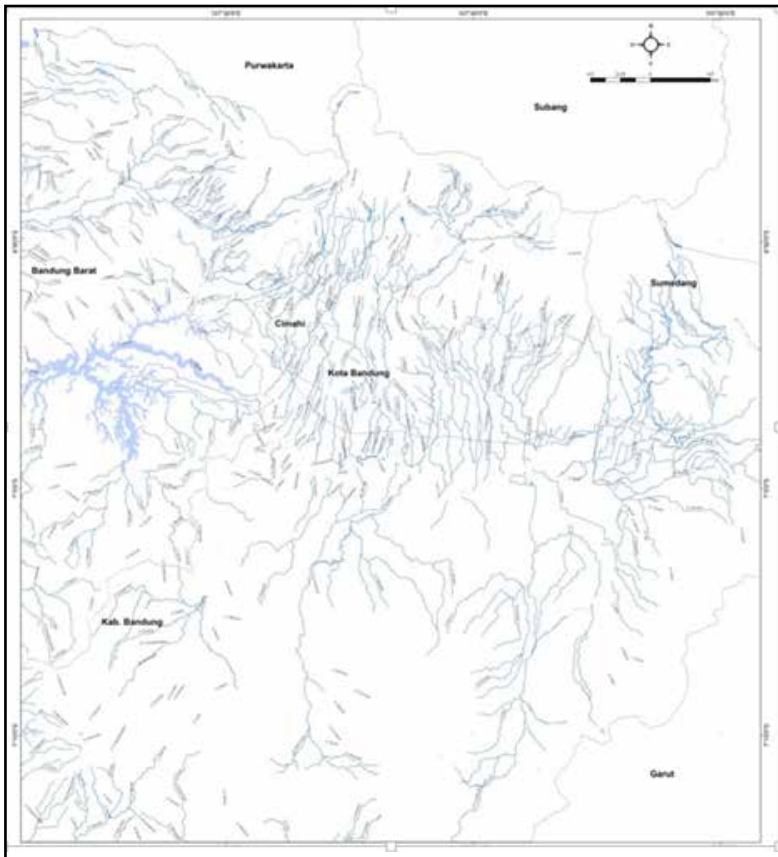
Aspek geologi sebagai pendukung pembangunan terkait dengan sumber daya geologi mencakup keberadaan air tanah, bentuk morfologi, serta daya dukung tanah/batuan untuk pondasi bangunan. Sedangkan geologi sebagai kendala pembangunan terkait dengan bahaya geologi seperti gempa bumi, tsunami, likuifaksi, gerakan tanah, dan gunung api.

Kedua komponen geologi tersebut perlu disajikan secara menyeluruh agar para perencana wilayah maupun pengambil kebijakan baik di tingkat pusat maupun di tingkat daerah dapat memahami gambaran fisik dasar wilayahnya secara keseluruhan sebagai dasar dalam melakukan sintesis geologi lingkungan yang berguna sebagai dasar dalam analisis tata ruang atau pengelolaan lingkungan. Dengan demikian tujuan untuk mengurangi dan menyelesaikan masalah lingkungan dan penataan ruang dapat tercapai sehingga ketahanan wilayah dapat terwujud secara berkelanjutan. Adapun masing-masing komponen dijelaskan berilikut ini.

1.4.1. Tematik Sumber Daya Geologi

1.4.1.1. Ketersediaan Air

Air adalah kebutuhan yang sangat vital dan harus tersedia sebagai kebutuhan primer. Salah satu kriteria penting dalam pengembangan wilayah adalah adanya tersedianya air yang layak dan memenuhi standar. Sumber air dapat diperoleh dari air permukaan maupun air tanah. Namun, untuk keberlanjutan pembangunan keberadaan sumber daya air ini perlu di konservasi.

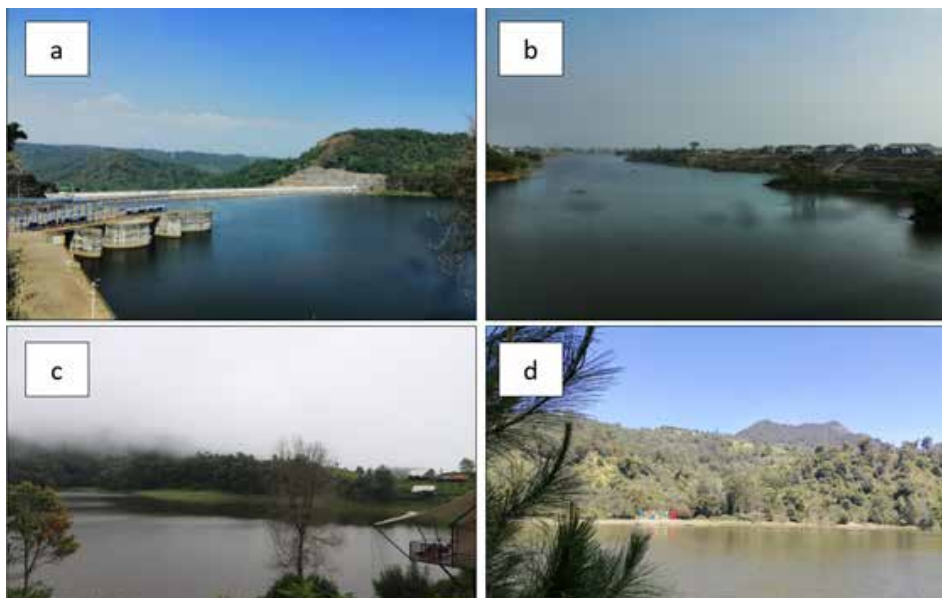


Gambar 1.11. Waduk, danau, dan aliran sungai di daerah Cekungan Bandung

Dalam melakukan analisis kondisi air tanah dan air permukaan sebagai dasar menentukan peruntukan lahan yang sesuai, informasi wilayah cekungan air tanah (CAT), informasi hidrogeologi (produktivitas airtanah dan lapisan-lapisan akuifer), informasi daerah aliran sungai (DAS) menjadi dasar penatagunaan, pengelolaan, dan pengembangan sumberdaya air agar terjadi keseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan dalam hal kuantitas dan kualitas pasokan air. Kebutuhan kuantitas sumberdaya air diperkirakan berdasarkan proyeksi kebutuhan penduduk dan kegiatan-kegiatannya, seperti industri, kegiatan komersial, irigasi dan konsumsi air bersih.

A. Sumber Daya Air Permukaan

Air permukaan yang tampak terlihat terdiri atas danau, waduk, dan sungai. pada Gambar 1.14 tampak sebaran air permukaan pada daerah kajian, dimana terdapat Waduk Saguling, Cirata, dan Cileunca dan juga situ, yaitu: Cisanti, Situ Patenggang, dan Situ Sangkuriang. Sungai-sungai yang mengalir di Cekungan Bandung ini dapat di kelompokkan ke dalam beberapa Sub Daerah Aliran Sungai (Sub DAS), yaitu: Sub DAS Cihaur, Sub DAS Cikapundung, Sub DAS Citarik, Sub DAS Cirasea, Sub DAS Cisangkuy, Sub DAS Ciwidey, dan Sub DAS Ciminyak. Anak-anak sungai yang mengalir di Cekungan Bandung, baik dari utara, timur, dan selatan, semuanya bermuara di induk sungai, yaitu Sungai Citarum yang kemudian mengalir berkelokkelok dari timur ke barat di dataran rendah Bandung melewati Curug



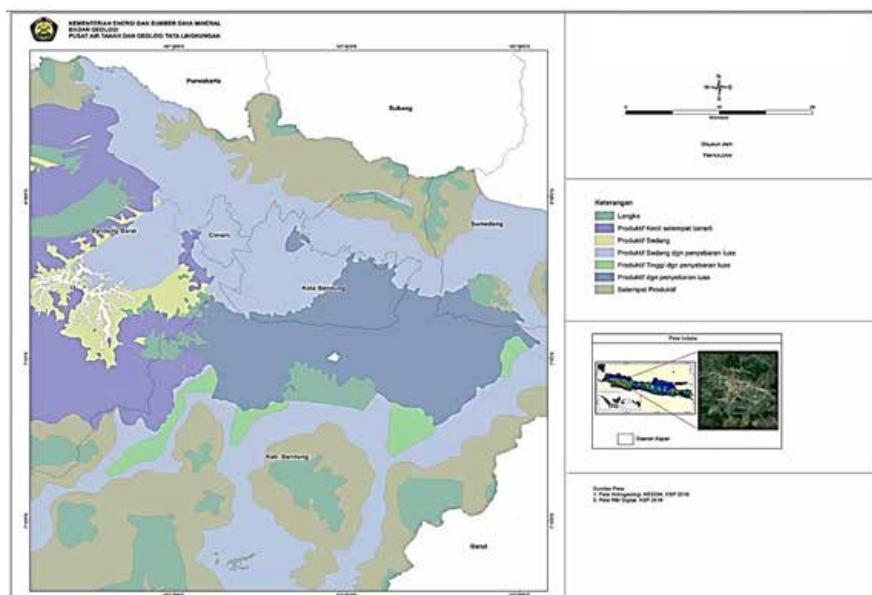
Gambar 1.12. Beberapa tampilan air yang bersumber dari DAS Citarum, diantaranya Waduk Cirata (a), Waduk Saguling (b), Situ Patenggang (c), Situ Cisanti (d). Selain berpotensi sebagai sumber air permukaan, waduk dan situ tersebut juga digunakan sebagai Sumber Tenaga Pembangkit Listrik seperti Waduk Saguling, Cirata maupun sebagai objek wisata Situ Cisanti, maupun Situ Patenggang.

Jompong dan terus bermuara di Waduk Saguling. Curug Jompong adalah bentukan alam air terjun Sungai Citarum karena adanya pematang batuan beku dasit yang melintang sungai dan kini sering dikunjungi sebagai objek geowisata.

Anak-anak sungai yang mengalir dari Cekungan Bandung bagian utara dan bagian selatan umumnya bermuara dengan posisi tegak lurus di Sungai Citarum. Bahkan beberapa anak sungai bermuara dengan arah berlawanan arus Sungai Citarum. Umumnya dari ketinggian puncak gunung atau mata air terus turun hingga ketinggian +700 m di atas muka laut, anak-anak sungai yang bermuara di Sungai Citarum ini memiliki penampang memanjang dengan kemiringan sungai terjal (gradien hidrauliknya besar). Kemudian dari ketinggian +700 m hingga muaranya di Sungai Citarum memiliki penampang memanjang landai bahkan datar (gradien hidrauliknya kecil). Pada lereng-lereng yang terjal limpasan air permukaan atau “run off” lebih besar dibanding dengan daerah yang lebih landai.

Berdasar geometri Sungai Citarum berikut anak-anak sungainya yang seperti tersebut di atas, bila musim hujan tiba terjadi akumulasi air sungai di muara-muara anak-anak sungai, meluap menjadi genangan banjir di dataran Cekungan Bandung. Berdasar sebaran litologi sedimen aluvial, daerah yang berpotensi rawan banjir terhampar seluas kurang lebih 20 Km x 10 Km (Direktorat Jenderal Pemanfaatan Ruang, 2016).

Total cadangan air tanah pada DAS Cikapundung sebesar 52.823.994,57 m³/tahun. Cadangan airtanah ini cukup besar terlebih lagi jika dibandingkan dengan kebutuhan airtanah yang hanya sebesar 20.589.205,6 m³/tahun saja, tetapi jika dilihat per kota/



Gambar 1.13. Produktifitas akuifer air tanah daerah kajian Cekungan Bandung menurut Peta Hidrogeologi berdasarkan Peta Hidrogeologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) pada Kebijakan Satu Peta (KSP), 2018 dapat dibedakan menjadi 7.

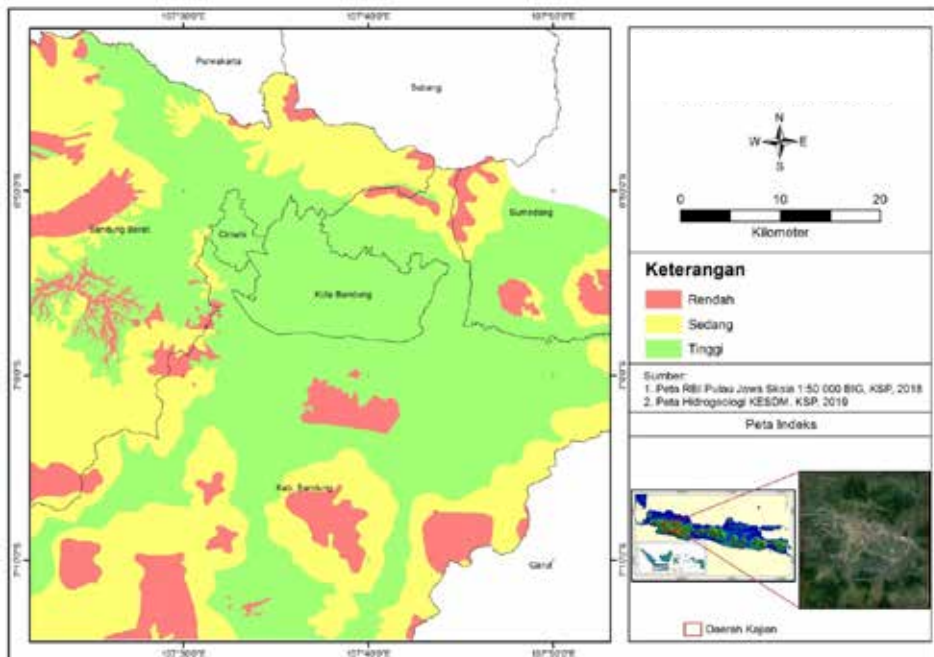
kabupaten, pada Kota Bandung cadangan airtanahnya bernilai minus terbukti menurunnya muka air tanah di sejumlah tempat, yang artinya Kota Bandung tidak memiliki cadangan airtanah, malahan kurang jika dibandingkan dengan kebutuhan airtanahnya yaitu selisih 3.797.411,03 m³/tahun (Marbun et al., 2018).

B. Sumber Daya Air Tanah

Secara umum analisis penentuan daerah imbuhan dan daerah lepasan air tanah yang berimplikasi pada penentuan zona perlindungan air tanah bermanfaat dalam pengelolaan airtanah yang berwawasan lingkungan mencakup kegiatan untuk pelaksanaan konservasi air tanah. Perlindungan sumber air baku merupakan bagian dari strategi pelaksanaan pengelolaan airtanah yang perlu dilakukan secara benar dengan meningkatkan koordinasi berbagai tingkatan instansi, serta dengan meningkatkan pemanfaatan data dan informasi airtanah secara terpadu.

Permasalahan yang dihadapi dalam pengelolaan airtanah adalah bagaimana menyikapi antara terbatasnya ketersediaan air tanah di alam dan peningkatan eksploitasi airtanah dari tahun-ke tahun semakin besar oleh karena tuntutan kebutuhan akan air yang terus meningkat.

Secara umum, potensi air tanah di Cekungan Bandung terdiri atas airtanah bebas, air tanah tertekan, dan mata air, sebagai berikut:



Gambar 1.14. Berdasarkan peta muka air tanah Cekungan Bandung ini, secara alamiah kondisi ketersediaan air tanah di wilayah Cekungan Bandung cenderung tinggi, namun saat ini di beberapa titik muka air tanah cenderung menurun, hal ini tentunya perlu diwaspadai.

- **Air tanah Bebas**, adalah air tanah yang terdapat pada suatu lapisan pembawa air yang bagian atasnya tidak tertutup oleh lapisan kedap air. Airtanah ini bertekanan sama dengan tekanan udara luar, sehingga kalau dibor airnya tidak dapat mengalir sendiri ke permukaan. Berdasarkan pengukuran muka airtanah bebas dari sumur gali dan lubang bor, dapat diketahui kedalaman muka airtanah bebas di daerah kajian bervariasi yang disebabkan oleh perbedaan jenis tanah dan batuan setempat, tataguna lahan, dan pengaruh morfologi setempat. Kedalaman muka air tanah bebas sekitar 2 – 8 m.
- **Air tanah Tertekan**, adalah airtanah yang terdapat pada suatu lapisan pembawa air yang diapit oleh lapisan kedap air. Sifat airtanah tertekan ini mempunyai tekanan hidrostatika yang lebih besar dari tekanan udara luar, kalau pemboran mengenai lapisan ini maka airnya akan naik ke atas dan muka airtanahnya akan berkedudukan lebih tinggi dari kedudukan lapisan pembawa airnya itu sendiri.

Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Provinsi Jawa Barat pada tahun 2012 telah melakukan zonasi konservasi air tanah di CAT Bandung-Soreang sesuai dengan Peraturan Gubernur Jawa Barat No. 41 Tahun 2008 tentang Perubahan atas Peraturan Gubernur Jawa Barat No. 31 Tahun 2006 tentang Pendayagunaan Air tanah yang membagi menjadi 4 (empat) zona, yaitu zona aman, rawan, kritis dan rusak. Pembagian zonasi tersebut berdasarkan penurunan kualitas air tanah, penurunan muka air tanah, penurunan preatik, dan penurunan pisometrik. Zona rusak terjadi di wilayah padat industri terutama industri tekstil yang diindikasikan terjadi pengambilan air tanah secara berlebihan seperti di daerah Rancaekek, Cimahi, Moh. Toha, dan Padalarang sedangkan zona kritis dan rawan tersebar di sebagian besar Kota Bandung dan Kota Cimahi, serta di beberapa daerah di Kab. Bandung (Majalaya, Moh. Toha, Banjaran, Kopo), dan Kab Sumedang (Rancaekek). Sedangkan berdasarkan sintesis ketersediaan air pada daerah kajian diperlihatkan pada Gambar 1.14, yang menunjukkan masih sangat luas.

Dalam hal ini, yang patut diberikan perhatian adalah di daerah utara (Lembang dan sekitarnya). Potensi air tanah tergolong sedang dengan kondisi daerah yang bertumbuh menjadi kawasan wisata. Daerah ini juga termasuk daerah resapan, namun pembangunan fisik sangat masif sehingga dikuatirkan berpengaruh besar terhadap ketersediaan air permukaan sebagai alternatif lain dari penyediaan kebutuhan air. Walaupun kondisi eksisting (Gambar 1.14) menunjukkan daerah dengan ketersediaan air tinggi cukup luas dengan penyebaran di bagian utara hingga selatan daerah kajian khususnya pada bagian timur, meliputi seluruh Kota Bandung, Kota Cimahi, sebagian besar daerah Kabupaten Bandung, dan sebagian Daerah Kabupaten Bandung.

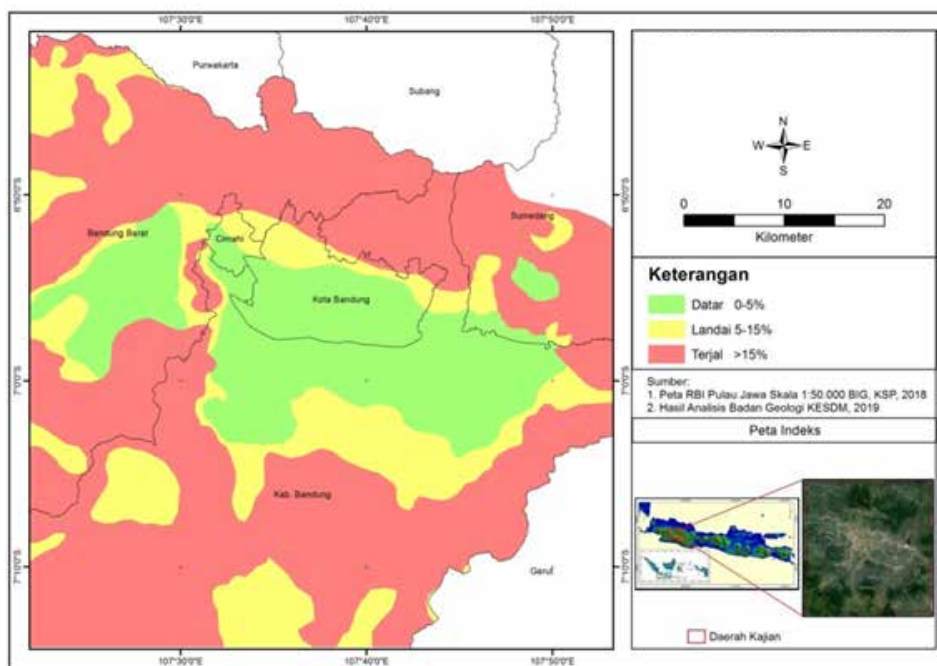
1.4.1.2. Kemiringan Lereng

Geometri dan bentuk lahan adalah salah satu informasi geomorfologi terapan yang dibutuhkan dalam perencanaan dan pengembangan wilayah. Kriteria kemiringan lereng sangat penting diperhatikan dalam perencanaan pengembangan wilayah dalam hubungannya dengan kemudahan konstruksi dan aksesibilitas.

Kemiringan lereng merupakan ukuran kemiringan lahan relatif terhadap bidang

datar yang secara umum dinyatakan dalam persen atau derajat. Juga berkaitan erat dengan kemudahan pekerjaan konstruksi dan operasional pengembangan wilayah perkotaan dan penentuan lokasi TPA sampah. Semakin terjal suatu daerah semakin sulit pekerjaan konstruksi dan pengoperasiannya dilakukan. Kecuraman lereng, panjang lereng, dan bentuk lereng semuanya dapat mempengaruhi besarnya erosi dan aliran permukaan. Sehingga dalam pembangunan sebuah kawasan permukiman perlu memperhatikan kemiringan lereng untuk tingkat keamanan rumah dan daya tahannya. Peta kelas kelayakan kemiringan lereng di daerah kajian Cekungan Bandung dapat dilihat pada Gambar 1.15.

Berdasarkan Gambar 1.18 terlihat secara umum kemiringan lereng di Cekungan Bandung relatif terjal. Daerah yang datar seperti diketahui berada di bagian tengah daerah penelitian yang diapit oleh pegunungan di sisi utara, barat, dan selatan. Daerah yang terjal merupakan pegunungan dan pegunungan ataupun pada daerah gunungapi yang masih aktif. Penggunaan lahan pada daerah yang datar umumnya adalah kawasan budidaya berupa pemukiman perkotaan, perkantoran, dan kawasan



Gambar 1.15. Peta Kemiringan Lereng wilayah Cekungan Bandung, didominasi oleh wilayah dengan kemiringan lereng terjal.

industri. Pada beberapa tempat masih dijumpai persawahan. Pada daerah yang landai juga telah digunakan sebagai areal pemukiman, pertanian, kehutanan. Akibat semakin meningkatkan kebutuhan hunian, pada beberapa tempat juga dijumpai permukiman pedesaan pada daerah yang terjal. Selain itu kawasan lindung baik kawasan lindung geologi maupun hutan lindung dan beberapa wilayah konservasi secara umum berada pada daerah kemiringan terjal dan mulai terancam keberadaannya.

Gambar 1.16.
Penggunaan lahan
untuk pertanian pada
kondisi morfologi terjal.
Foto diambil di sekitar
Kecamatan Ibum.



Penggunaan lahan terjal untuk pertanian juga umum dijumpai di daerah kajian, seperti terlihat pada Gambar 1.16. Seiring dengan perkembangan teknologi, konstruksi pada daerah terjal atau curam tidak lagi menjadi penghambat yang berarti. Rekayasa teknik dan bahan telah berkembang dengan pesatnya untuk mempermudah kegiatan tersebut. Di sisi lain, daerah terjal atau curam umumnya merupakan hutan yang berfungsi menjaga ekosistem dan fungsi lingkungan lain seperti pencegahan erosi dan sedimentasi, kini mulai dirambah oleh manusia untuk dijadikan sebagai villa yang kemudian berkembang menjadi industri jasa pariwisata karena umumnya bentangalam yang tersaji pada daerah ini sangat menawan dan menjanjikan secara ekonomi. Secara perlahan diantara villa muncul hotel-hotel dan pemukiman atau rumah kost para pekerja industri jasa pariwisata. Kalau kondisi terus berkembang, maka munculnya pemukiman tidak terelakan lagi dan sebagai korban lahan hijau semakin berkurang.

1.4.1.3. Daya Dukung Tanah dan Batuan

Daya dukung dan batuan adalah kemampuan tanah dan batuan untuk menahan tekanan atau beban bangunan pada tanah dengan aman tanpa menimbulkan keruntuhan geser dan penurunan berlebihan (Najoan, 2020). Selain itu, daya dukung tanah dan batuan dipengaruhi oleh tingkat konsistensi tanah dan batuan.

Tanah yang dimaksud dalam definisi di atas adalah tanah di alam yang terdiri atas campuran butiran-butiran mineral dengan atau tanpa kandungan bahan organik. Butiran-butiran dengan mudah dipisah-pisahkan satu sama lain dengan kocokan air. Tanah berasal dari pelapukan batuan, yang prosesnya dapat secara fisik maupun kimia. Sifat-sifat teknis tanah, kecuali dipengaruhi oleh sifat batuan induk yang merupakan material asalnya, juga dipengaruhi oleh unsur-unsur luar yang menjadi penyebab terjadinya pelapukan batuan tersebut (Hardiyatmo, 2011).

Berdasarkan sifat-sifat keteknikannya, karakteristik tanah berpengaruh terhadap kemudahan penggalian untuk rekayasa konstruksi. Sedangkan tingkat pelapukan dan kuat tekannya berpengaruh terhadap daya dukung tanah dan batuan untuk menerima

beban di atasnya maupun penggunaannya untuk pondasi bangunan, infrastruktur jalan, jembatan, dan sebagainya.

Secara umum pondasi merupakan struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah, atau bagian bangunan yang terletak di bawah permukaan tanah yang memiliki fungsi sebagai pemikul beban bangunan yang berada di atasnya. Pondasi harus diperhitungkan untuk dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap beratnya sendiri, beban- beban bangunan (beban isi bangunan), gaya-gaya luar yang bekerja seperti: gempa bumi, tekanan angin, dan lain-lain tanpa harus mengalami penurunan yang melebihi batas yang diijinkan.

Terdapat dua macam pondasi yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal digunakan bila bangunan yang berada di atasnya tidak terlalu besar, biasanya pondasi dangkal digunakan untuk rumah sederhana namun pondasi dangkal juga dapat dipakai untuk bangunan umum lainnya asalkan berada di atas tanah yang keras dengan daya dukung tanah yang baik.

Informasi geologi teknik pada buku Geologi Lingkungan Cekungan Bandung ini bertujuan memberikan gambaran daya dukung tanah dan batuan terutama untuk kebutuhan pondasi dangkal. Informasi geologi teknik Cekungan Bandung ini diperoleh berdasarkan hasil penyelidikan yang dilakukan oleh Dodid Murdohardono, drr (1995) yang merupakan bagian dari penyusunan peta rekomendasi tata guna lahan berdasarkan aspek geologi tata lingkungan yang dilakukan pada periode 1992-1995.

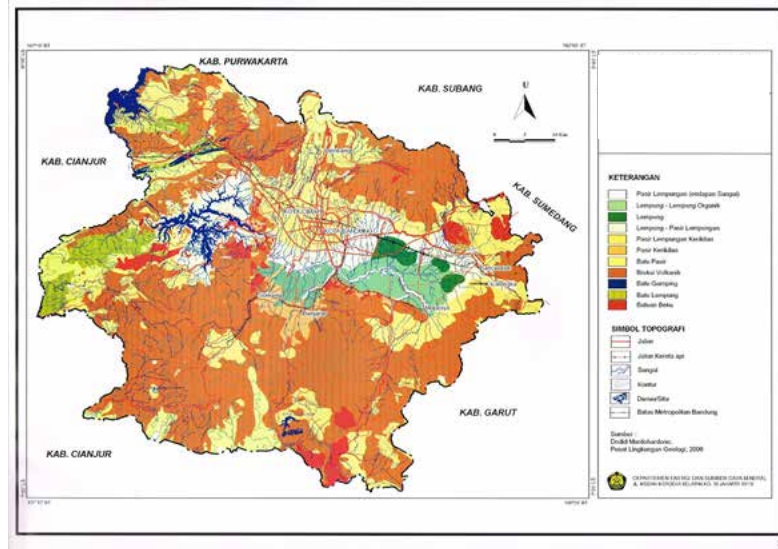
Berdasarkan kesamaan sifat fisik tanah dan batuanya, Dodid Murdohardono, drr (1995) mengelompokkannya menjadi tujuh satuan geologi teknik dengan persyaratan jika tebal tanah kurang dari 1 meter maka dapat dipetakan sebagai batuan dasarnya. Masing-masing satuan geologi teknik mempunyai sifat fisik dan keteknikan yang bervariasi. Penentuan daya dukung tanah untuk pondasi dangkal dipakai batasan lebar pondasi 1,2 m, kedalaman 2 m dengan memakai pondasi lajur. Untuk pondasi sumurang/tiang dipakai batasan diameter 40 cm. Dengan demikian, uraian tiap-tiap satuan geologi teknik dapat dijelaskan sebagai berikut, (Gambar 1.17):

- **Satuan Pasir Lempungan-Lempung Pasiran (Endapan Sungai)**

Satuan ini disusun oleh pasir lempungan (SP) dan lempung pasiran (CH) merupakan endapan tanggul alam/pematang sungai, tebal antara 1-12 m. Pasir lempungan berwarna abu-abu kehitaman, abu-abu kecoklatan, lepas-agak padat, berbutir halus-kasar, gradasi jelek, permeabilitas tinggi, berat jenis 2,65, berat isi asli 1,64 gr/cm³. Lempung pasiran berwarna coklat keabu-abuan, lunak-teguh, plastisitas sedang, permeabilitas rendah, kompresibilitas tinggi. Dari hasil penyondiran diperoleh tekanan konus rata-rata 6,5 kg/cm², sedangkan dari SPT diperoleh nilai N antara 5-11 pukulan.

Daya dukung tanah yang diijinkan rendah-sedang (0,33-1,13 kg/cm²), untuk pondasi ringan dapat dipakai pondasi dangkal, sedangkan untuk pondasi bangunan berat dapat dipakai pondasi tiang pancang yang bertumbu pada kedalaman 6-11 m. Penggalian pada satuan ini dapat dilakukan dengan mudah, artinya dapat dikerjakan dengan peralatan nonmekanik dan memperhatikan

Gambar 1.17:
Peta Geologi
Teknik
Wilayah
Cekungan
Bandung,
didominasi
oleh batuan
produk
gunung api.



faktor kedalaman muka air tanah. Kedalaman muka air tanah bebas dangkal-agak dalam. Daerah ini berpotensi banjir dan setempat-setempat pada tebing sungai terdapat longsoran dan erosi lateral. Pada umumnya pasir pada dasar sungai dapat digunakan sebagai bahan bangunan dengan kualitas yang kurang baik, di beberapa tempat dijumpai endapan teras sebagai bahan bangunan kerikil.

- **Satuan Lempung dan Lempung Organik**

Satuan ini disusun oleh lempung dan lempung organik (CH, OH, OL) merupakan endapan rawa/danau dengan sisipan pasir lempungan endapan sungai atau aluvium vulkanik, ketebalan antara 1-26 m. Penyebarannya dijumpai di bagian timur daerah penyelidikan (pada umumnya dijumpai di bawah permukaan tanah): Daerah Rancaekek, Cicalengka, Majalaya, Ciparay, Pameungpeuk dan Banjaran. Tanahnya berqarna abu-abu kehitaman, abu-abu kehijauan, konsistensi sangat lunak-lunak, plastisitas rendah-sedang, kompresibilitas tinggi, permeabilitas rendah, banyak mengandung material organik, berat jenis 2,31-2,75, berat isi asli 1,3-1,63 gr/cm³. Dari hasil penyondiran diperoleh tekanan konus berkisar antara 5-25 kg/cm², sedangkan nilai hasil Standart Penetration Test (SPT) berkisar antara 0-4.

Daya dukung yang diijinkan rendah (<0,35 kg/cm²) untuk keperluan pondasi ringan dapat dipakai pondasi langsung dengan terlebih dahulu dilakukan perbaikan dasar pondasi dengan cara mengupas lapisan atas dan diganti dengan pasir yang dipadatkan, akan lebih baik bila dipakai kayu cerucuk di bawah dasar pondasi atau memakai jenis pondasi mengambang. Sedangkan untuk pondasi bangunan berat dapat dipakai pondasi tiang pancang atau sumuran yang bertumpu pada aluvium vulkanik. Kedalaman muka airtanah bebas sangat dangkal. Penggalian pada satuan ini mudah dilaksanakan dengan peralatan non mekanik dengan memperhatikan airtanah dan bahaya longsor dinding galian.

Kendala geologi yang dijumpai pada satuan ini adalah banjir dan sifat airtanah bebas yang kurang baik untuk air minum ataupun korosifitasnyayang tinggi terhadap bangunan serta mempunyai perosokan (penurunan) tanah yang tinggi.

- **Satuan Lempung**

Satuan ini disusun oleh lempung, lempung pasiran, lanau lempungan (CH, CL, MH) mempunyai sisipan lempung organik, pasir, pasir lempungan (merupakan aluvium limbah banjir), ketebalan antara 1->12 m. Penyebarannya berada di bagian selatan dan tengah wilayah Cekungan Bandung. Lempung, lempung pasiran, lanau pasiran berwarna abu-abu kehijauan, abu-abu kehitaman dan abu-abu kecoklatan, konsistensi lunak-teguh, plastisitas sedang-tinggi, permeabilitas rendah-kedap air, kompresibilitas tinggi, pengembangan tanah menengah-tinggi, berat jenis 2,31-2,66, berat isi asli 1,43-1,56 gr/cm³. Hasil penyondiran memberikan nilai tekanan konus 2-11,68 kg/cm², sedangkan dari SPT diperoleh nilai N antara 5-26 pukulan.

Daya dukung yang diijinkan rendah-sedang (0,34-1,19 kg/cm²) untuk keperluan pondasi ringan dapat dipakai pondasi langsung dengan mengupas lapisan atas terlebih dahulu. Sedangkan untuk pondasi bangunan berat dapat dipakai pondasi tiang pancang dengan kedalaman berkisar antara 6->15 m. Kedalaman muka airtanah bebas dangkal-agak dalam, penggalian pada satuan ini mudah dilaksanakan dengan peralatan non mekanik. Daerah ini berpotensi banjir. Untuk pondasi bangunan berat perlu memperhitungkan perosokan tanah terutama adanya sisipan lempung organik. Pengembangan tanah dapat menyebabkan retak/runtuhnya bangunan.

- **Satuan Lempung-Pasir Lempung**

Satuan ini disusun oleh lempung dan pasir lempungan yang merupakan tanah pelapukan dan endapan bahan rombakan pada lembah/alur sungai, kaki lereng perbukitan dan dataran bergelombang antar perbukitan. Di permukaan didominasi oleh lempung pasiran, mengandung kerikil, yang sebenarnya terdapat di bagian lembah/alur sungai, kaki lereng perbukitan, dan dataran antar perbukitan. Lapukan tanah tersebut berwarna coklat kemerahan-kelabu hitam kecoklatan, agak padu, lunak teguh, plastisitas rendah-sedang, setempat mudah retak/belah apabila kering dan mudah runtuh, tabel 0,5-1,4 m, dan nilai penetrometer saku (qu) antara 1,25-2,75 kg/cm².

Daya dukung pada tanah lempung termasuk rendah-sedang untuk pondasi langsung (pondasi dangkal) dan dipertimbangkan pondasi sumuran (*bor pile*) untuk bangunan berat. Sedangkan daya dukung pada pasir lempungan termasuk katagori sedang untuk pondasi langsung (pondasi dangkal) dan tidak sesuai untuk pondasi sumuran (*bor pile*). Kedalaman muka airtanah bebas cukup dalam (>5 m), di beberapa tempat tidak dijumpai airtanah bebas. Di daerah terbuka umumnya mempunyai tingkat erosi tinggi serta berpotensi terkena gerakantana.

- **Satuan Pasir Lempungan kerikilan**

Satuan ini disusun oleh pasir lempungan (SP) mengandung fragmen kerikil-kerakal dan lempungan pasiran(CH), merupakan aluvial gununggapi, tebal antara

2->20 m. Pasir lempungan berwarna abu-abu kehitaman, abu-abu kemerahan, lepas-agak padat, berbutir pasir halus-pasirkasar, membundar-menyudut tanggung, gradasi buruk, permeabilitas sedang, berat jenis 2,48-2,66, berat isi asli 1,50-1,64 gr/cm³. Lempung pasiran pada umumnya dijumpai sebagai tanah permukaan atau sisipan pada pasir lempungan, berwarna coklat kemerahan, coklat kehitaman, teguh, plastisitas sedang-tinggi, permeabilitas rendah, kompresibilitas tinggi. Hasil penyondiran diperoleh tekanan konus rata-rata 6,5-70 kg/cm².

Daya dukung yang diijinkan rendah-sedang (0,86-2,0 kg/cm²), untuk pondasi bangunan ringan dapat dipakai pondasi dangkal, sedangkan untuk pondasi bangunan berat dapat memakai pondasi sumuran yang bertumpu pada kedalaman 2-3 m, sedangkan pada tanah yang lepas dapat dipakai pondasi tiang pancang dengan kedalaman 13->20 m. Kedalaman airtanah bebas sangat dangkal-dalam. Penggalian pada satuan ini dapat dilakukan dengan mudah-agak sukar bila dikerjakan dengan peralatan nomekanik. Tanah di daerah ini cukup baik dipakai sebagai bahan bangunan pembuat batubata.

- **Satuan Pasir Kerikilan**

Satuan ini disusun oleh pasir kerikilan lempungan (SW) dengan sisipan lempung pasiran dan pasir kerikilan kerakalan mengandung fragmen kerikil-bongkahan, merupakan kolovial gunungapi/endapan kipas vulkanik, ketebalan antara 1->25 m. Pasir kerikilan lempungan, berwarna coklat-coklat kemerahan, lepas-padat, permeabilitas sedang, berat jenis 2,36-2,50, berat isi asli 1,45-1,64 gr/cm³. Dari hasil penyondiran diperoleh tekanan konus bervariasi dari 20->150 kg/cm², sedangkan tekanan konus >150 kg/cm² pada umumnya dijumpai pada kedalaman 6m. Pasir kerikilan kerakalan, berwarna coklat-coklat kemerahan, lepas-padat, permeabilitas sedang, berat jenis 2,43-2,54, berat isi asli 1,42-1,66 gr/cm³. Dari hasil penyondiran diperoleh tekanan konus bervariasi dari 20-80 kg/cm², di beberapa tempat pada kedalaman 3 m tekanan konus telah mencapai >150 kg/cm².

Daya dukung tanah yang diijinkan sedang-tinggi (1,16-2,15 kg/cm²), untuk pondasi ringan dapat dipakai pondasi dangkal, sedangkan untuk pondasi bangunan berat dapat dipakai pondasi sumuran yang bertumpu pada kedalaman 2-6 m, pada pasir yang bersifat lepas dapat dipakai pondasi tiang bor. Penggalian pada satuan ini agak sukar dilakukan dengan peralatan non-mekanik. Kedalaman muka airtanah bebas cukup dalam, di beberapa tempat tidak dijumpai airtanah bebas. Di daerah terbuka umumnya mempunyai tingkat erosi tinggi serta berpotensi terkena gerakantah. Di beberapa tempat dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan kerikil-bongkah.

- **Satuan Batupasir**

Satuan ini disusun oleh batupasir, tufaan. Penyebarannya membentuk perbukitan nerelief kasar dan berlereng terjal. Batu pasir ini umumnya melapuk ringan-menengah, perlapisan kurang jelas, tebal lapisan rata-rata 100 cm, setempat terdapat sisipan batu lempung, batu lanau, dan batu pasir konglomeratan. Berwarna kelabu kecoklatan, berbutir halus kasar, padu, agak keras-keras,

komposisi butiran terdiri atas mineral mafik feldspar, dan kuarsa dengan masa dasar tufaan, porositas sedang setempat mudah pecah. Di bagian atasnya ditutupi oleh tanah pelapukan berupa lanau lempungan-lanau pasiran, tebalnya 20-60 cm, berwarna kelabu kecoklatan-kehitaman, plastisitas rendah-sedang dan bersifat teguh, dan nilai penetrometer saku (qu) antara 1,25-2,75 kg/cm².

Daya dukung pada batupasir termasuk katagori sedang-tinggi untuk pondasi langsung (pondasi dangkal) dan pondasi sumuran (bor pale) untuk bangunan berat hingga kira-kira 3 meter. Sedangkan daya dukung pada lapukan batu pasir ini dapat diklasifikasikan rendah-sedang terutama pada batuan induk yang terkekarkan sehingga mudah retak/belah dan hancur. Kedalaman muka airtanah lebih dari 3 meter, di beberapa tempat tidak dijumpai airtanah bebas. Di daerah terbuka umumnya mempunyai tingkat erosi tinggi serta berpotensi terkena gerakantana.

- **Satuan Breksi Vulkanik**

Satuan ini disusun oleh breksi vulkanik, tufa pasiran dan lava endapan vulkanik Kuarter dan Tersier. Penyebarannya berada pada morfologi pegunungan yang mengelilingi Cekungan Bandung. Breksi vulkanik berwarna abu-abu kehitaman, abu-abu kekuningan, hitam, agak kompak-kompak, agak keras-keras, fragmen terdiri atas andesit, batuapung dan basalt dengan masa dasar pasir tufaan, berukuran antara 1-75 cm, menyudut-membundar tanggung, porositas rendah-sedang. Tufa pasiran berwarna coklat-coklat kekuningan, kompak, agak lunak-agak keras, porositas rendah-sedang. Setempat dijumpai sisipan lava andesitis yang bersifat sangat keras, kompak, dan masif. Penggalan sulit jika menggunakan peralatan nonmekanik, di beberapa tempat pada batuan yang segar membutuhkan peledakan. Airtanah sangat dalam-langka, setempat-setempat dijumpai mataair.

Daya dukung tinggi, faktor yang harus diperhatikan adalah kemungkinan terjadinya gerakantana terutama pada morfologi pegunungan berrelief sedang-kasar atau pada daerah-daerah penambangan bahan bangunan.

- **Satuan Batugamping**

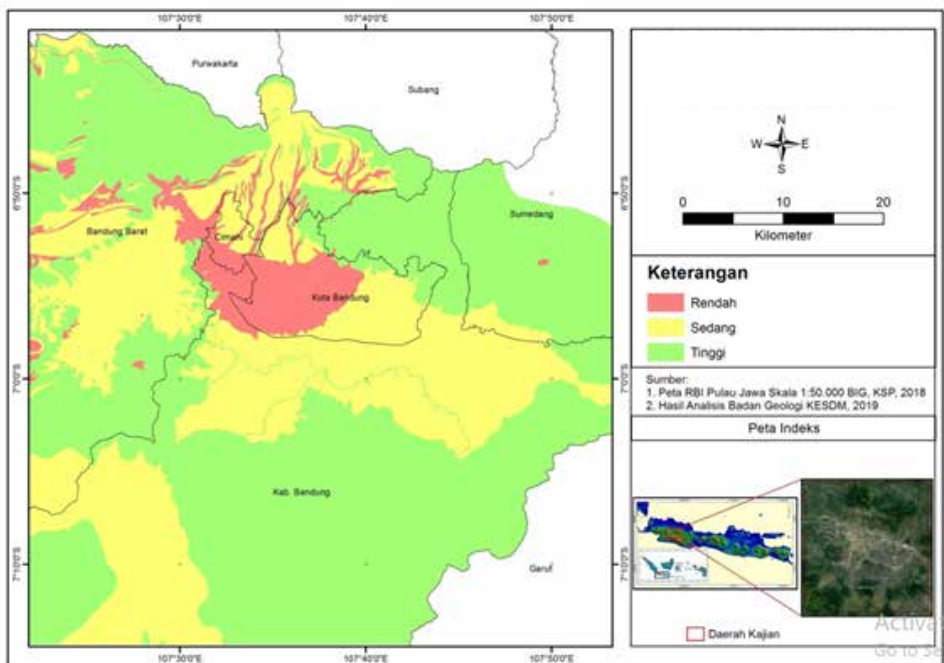
Satuan ini disusun oleh batugamping dari Formasi Rajamandala (Sudjatmiko, 1992) berwarna putih kekuningan, berfragmen pecahan koral, mengandung foraminifera ukuran pasir kasar, terpilah sedang, sangat kompak, berlapis kurang baik dan tebal sekitar 400 meter. Faktor yang harus diperhatikan pada satuan batugamping ini adalah kemungkinan terjadinya gerakantana terutama pada morfologi pegunungan berrelief sedang-kasar atau pada daerah-daerah penambangan bahan bangunan.

Kondisi di bukit bagian barat sifat fisik batugamping keras sampai sangat keras, perlu banyak pukulan palu untuk mengambil sampel. Permukaan rekahan sangat kasar, regangan < 1mm sampai tidak regang, agak lapuk, tidak terdapat goege, dinding keras, tidak ada aliran air, spasi rekahan 60-200 cm, dan perkiraan daya dukung batuan atau kekuatan batuan sekitar 2200 kg/cm² atau 217,75 Mpa. Kondisi di bukit bagian tengah sifat fisik batugamping memiliki kekerasan

medium, mudah patah jika dipukul palu, lembab permukaan rekahan agak kasar, agak lapuk, regangan 1-5 mm, menerus, terdapat gouge < 5 mm, dan perkiraan daya dukung atau nilai kakuatan batuan sekitar 100 kg/cm² atau 9.81 Mpa. Kondisi batugamping di bukit bagian timur memiliki sifat fisik keras sampai sangat keras, perlu banyak pukulan palu untuk mengambil sampel, permukaan rekahan kasar, regangan > 5 mm, sebagian besar menerus, agak lapuk, dinding berupa slicken side, terdapat gouge dengan ketebalan 1-5 mm, tidak ada aliran air, kering. Perkiraan daya dukung atau kekuatan batuan menurut kekerasannya adalah sekitar 2000 kg/cm² atau 196,13 Mpa.

- **Satuan Batu Lempung**

Satuan ini disusun oleh perselingan batu lempung dan batu lanau. Batu lempung memiliki ketebalan lapisan 10-30 cm, berwarna kelabu muda-tua, sebagian gampangan, porositas rendah hingga kedap air, agak padu dan sebagian mudah hancur. Batu lanau memiliki ketebalan lapisan 5-10 cm, berwarna kelabu terang kehitaman, agak padu, bersifat agak keras dalam keadaan kering dan mudah hancur. Pada batu lempung terdapat sisipan tipis batupasir yang umumnya mepapuk sedang, di bagian atasnya ditutupi oleh tanah pelapukan berupa lanau lempungan, tebalnya 20-50 cm, berwarna coklat kemerahan-kehitaman, plastisitas rendah-sedang, dan bersifat teguh. Membentuk perbukitan berelief kasar dan berlereng terjal.



Gambar 1.18. Peta Daya Dukung Pondasi di wilayah Cekungan Bandung

- **Satuan Batuan (Beku) Intrusi**

Satuan ini disusun oleh batuan beku (intrusi) berupa andesit, basal, dan dasit. Penyebaran berada di sebelah selatan dan barat, sedangkan di bagian utara tersusun oleh lava. Batuan penyusunnya berwarna abu-abu kehitaman, hitam, kompak-sangat kompak, keras-sangat keras, permeabilitas rendah, setempat-setempat terkekar sangat intensif. Satuan ini umumnya melapuk ringan-menengah, bersifat padu, agak keras, sebagian terkekarkan kuat.

Daya dukung diperkirakan tinggi karena memiliki nilai penetrometer saku (q_u) antara 1,75-3,25 kg/cm², namun untuk melakukan penggalian akan sulit jika menggunakan peralatan nonmekanik atau membutuhkan peledakan. Airtanah langka, setempat-setempat dijumpai mataair. Faktor yang harus diperhatikan adalah kemungkinan terjadinya gerakantah terutama pada morfologi pegunungan berrelief sedang-kasar atau pada daerah-daerah penambangan bahan bangunan.

Tabel 1.2. Klasifikasi daya dukung pondasi dangkal

Daya Dukung / Q_a (Ton/m ²)	Klasifikasi
< 7,2	Rendah
7,2 - 21,6	Sedang
> 21,6	Tinggi

1.4.2. Tematik Kendala Geologi

Bahaya geologi hakekatnya adalah proses geologi yang mengancam keselamatan harta dan atau jiwa manusia. Keberadaan ancaman bahaya geologi di suatu kawasan berkaitan dengan kondisi geologi di kawasan itu. Manajemen ancaman bahaya geologi dapat dipandang sebagai bagian dari upaya untuk mengurangi dampak negatif apabila bahaya geologi itu benar-benar terjadi (mitigasi bencana) dan merencanakan bagaimana menanggapi bencana geologi bila terjadi (*preparedness*).

Mitigasi dan *preparedness* bencana adalah fase awal dari suatu siklus manajemen bencana. Aktifitas mitigasi bencana sesungguhnya adalah upaya untuk mengeliminasi atau mengurangi kemungkinan terjadinya bencana, atau mengurangi efek dari bencana yang tidak dapat dicegah kejadiannya. Karakter dari setiap macam bencana itu perlu dipahami agar kita dapat menyusun strategi menghadapi ancamannya. Secara umum, disamping memperkirakan waktu kejadian, pemetaan daerah-daerah di kawasan pesisir yang terancam oleh suatu ancaman bahaya geologi adalah langkah penting yang harus dilakukan dalam aktifitas mitigasi bencana atau geologi itu yang dilakukan berdasarkan karakter dari bencana atau bahaya geologi tersebut.

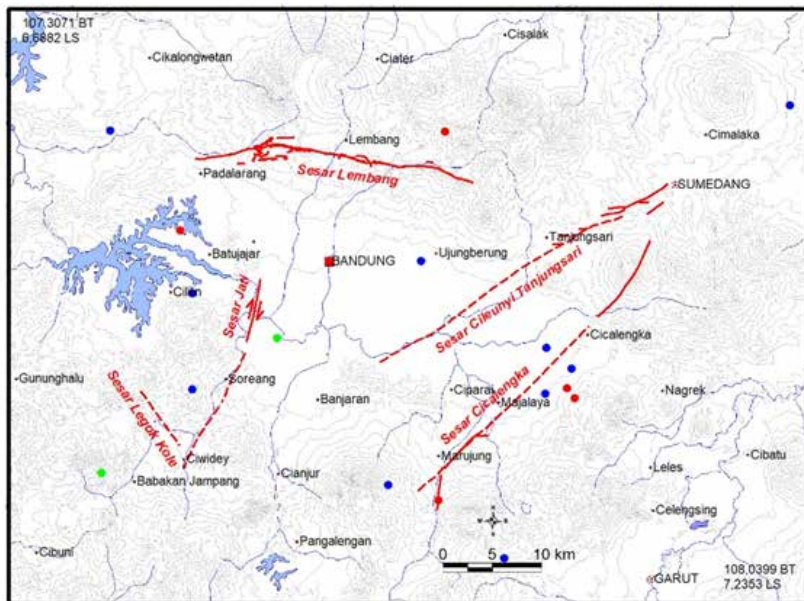
Implementasi komponen bahaya geologi dalam penataan ruang dapat mengacu pada pedoman penataan ruang kawasan rawan letusan gunung berapi dan kawasan rawan gempa bumi nomor 21/PRT/M/2007. Pedoman ini disusun dalam rangka menjabarkan Undang-Undang No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang antara

lain Pasal 3 beserta penjelasannya dan penjelasan umum angka 2. Selain itu pedoman ini juga menjabarkan Undang-Undang No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana khususnya Pasal 42, ayat (1), Peraturan Pemerintah No. 47 Tahun 1997 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional, dan Keputusan Presiden No. 32 Tahun 1990 tentang Pengelolaan Kawasan Lindung. Selain untuk melengkapi pedoman bidang penataan ruang yang telah ada, pedoman ini juga ditujukan untuk memberi acuan bagi pemerintah daerah provinsi dan kabupaten/kota dalam melaksanakan penataan ruang kawasan rawan letusan gunung berapi dan kawasan rawan gempa bumi.

Dengan mengacu pedoman tersebut, diharapkan dapat meminimalkan kerugian akibat letusan gunung berapi dan gempa bumi, baik korban jiwa maupun materi, yang dilakukan melalui penataan ruang kawasan rawan letusan gunung berapi dan kawasan rawan gempa bumi sehingga dapat dipertahankan konsistensi kesesuaian antara pelaksanaan pemanfaatan ruang dengan rencana tata ruang kawasan dimaksud. Adapun faktor bahaya geologi yang mungkin terjadi di Cekungan Bandung adalah Gempa Bumi, Gerakan Tanah, dan Gunungapi.

1.4.2.1. Gempa Bumi

Gempabumi merupakan salah satu bahaya geologi yang sering terjadi di wilayah Cekungan Bandung dan sekitarnya. Untuk mengetahui sejauhmana potensi potensi kerawanan bahaya gempabumi atau kawasan yang sering atau berpotensi tinggi mengalami bencana gempabumi, maka diperlukan inventarisasi data yang berkaitan



Gambar 1.19. Sebaran kegempaan dari USGS tahun 1900 hingga kini. Bulatan merah dengan kedalaman kurang dari 40 km, bulatan hijau kedalaman antara 40 km – 100 km, bulatan biru kedalaman lebih dari 100 km.

(Sumber: Marjiyono drr (2008); Sulaiman dan Hidayati (2011) dalam Supartoyo (2019).

dengan sejarah kegempaan yang pernah terjadi di wilayah Cekungan Bandung dan sekitarnya. Data kegempaan Cekungan Bandung yang berhasil dihimpun bersumber dari katalog USGS, BMKG dan tulisan dari Marjiyono dkk. (2008) serta Sulaiman dan Hidayati (2011) dapat dilihat pada Gambar 1.19.

Berdasarkan data sebaran kegempaan dari USGS tahun 1900 hingga sekarang terdapat beberapa kejadian gempabumi di Cekungan Bandung. Sebaran kegempaan tersebut terdapat pada kedalaman dangkal (kedalaman kurang dari 40 km), menengah (kedalaman antara 40 hingga 100 km dan dalam (kedalaman lebih dari 100 km). Sebaran kegempaan dengan kedalaman menengah hingga dalam berkaitan dengan aktivitas zona beni-off atau sepanjang slab pada zona subduksi.

Adapun sebaran kegempaan dangkal berkaitan dengan sesar yang terdapat pada kerak atau *shallow crustal* yang dalam hal ini berkaitan dengan sesar aktif. Sesar aktif didefinisikan sesar yang pernah bergerak dalam kurun waktu 11.000 tahun (Keller dan Pinter, 1999, 2002). Pergerakan tersebut berkaitan dengan kejadian gempabumi. Data kegempaan sekitar Cekungan Bandung diperoleh dari Marjiyono drr., (2008) sebagaimana ditampilkan pada tabel 1.3 berikut ini. Tabel tersebut memperlihatkan kejadian gempabumi dangkal yang tergolong sebagai gempabumi pada kerak dan berasosiasi dengan sesar aktif.

Tabel 1.3. Kejadian gempa bumi di sekitar cekungan Bandung (Marjiyono drr., 2008)

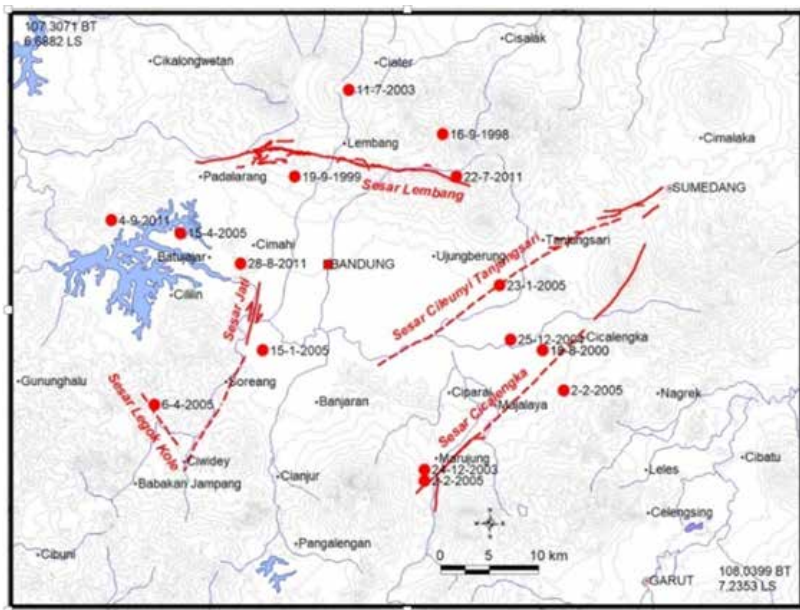
No.	Tanggal Kejadian	Jam (WIB)	Lokasi		Kekuatan (mb)
			Lintang (°)	Bujur (°)	
1.	19 September 1999	04:19:07.00	-6,84	107,57	3,1
2.	18 Agustus 2000	18:25:52.00	-7,00	107,80	4,2
3.	18 Agustus 2000	20:00:44.00	-7,00	107,80	4,4
4.	24 Desember 2003	21:58:14.35	-7,11	107,69	3,5
5.	25 Desember 2004	06:56:22.58	-6,99	107,77	4,7
6.	15 Januari 2005	20:47:39.78	-7,00	107,54	3,0
7.	23 Januari 2005	01:47:46.53	-6,94	107,76	4,5
8.	2 Februari 2005	13:02:20.57	-7,12	107,69	4,0
9.	6 April 2005	07:25:43.17	-7,05	107,44	3,5

Data sebaran kegempaan di Cekungan Bandung yang bersumber dari: USGS, BMKG, Marjiyono dkk (2008), Sulaiman dan Hidayati (2011) seperti ditampilkan pada Tabel 1.4. Adapun plotting sebaran kegempaan dengan kedalaman dangkal ditampilkan pada Gambar 1.20.

Pada Tabel 1.4, tercatat beberapa kejadian gempabumi yang terjadi di Cekungan Bandung bersifat merusak artinya telah mengakibatkan terjadinya bencana berupa kerusakan bangunan. Gempabumi merusak tersebut terjadi pada tanggal 11 Juli 2003, 28 Agustus 2011 dan 4 September 2011.

Tabel 1.4. Kejadian Gempabumi di sekitar Cekungan Bandung. Angka merah adalah kejadian gempabumi merusak.

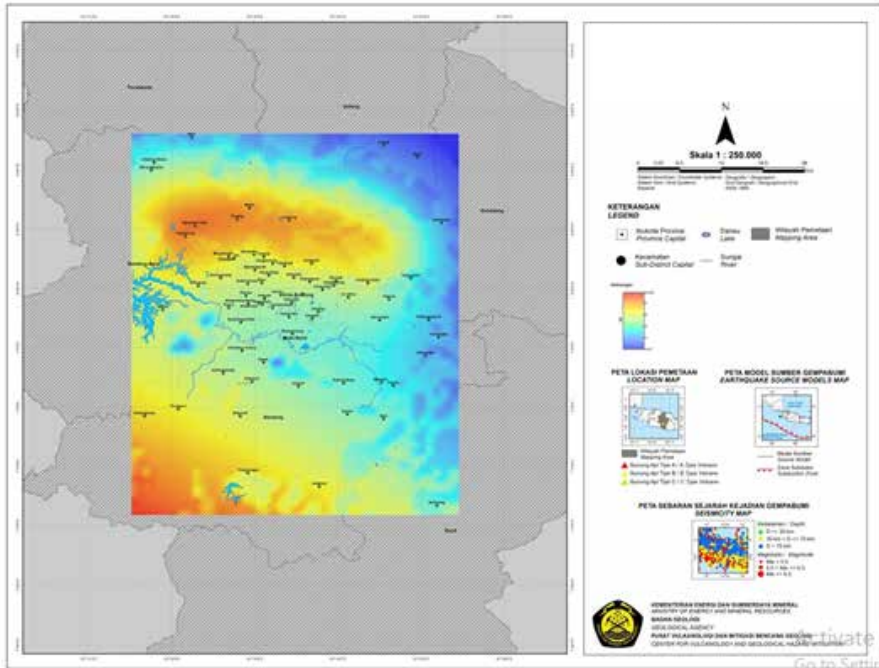
No.	Tanggal	Waktu	Bujur	Lintang	Magnitudo	Kedalaman	Sumber
1	16-9-1998	0:44	107.707	-6.8008	4.4 Mw	33 km	USGS
2	19-9-1999	19:07.0	107.57	-6.84	3,1 mb	< 40 km	PSG
3	18-8-2000	25:52.0	107.8	-7	4,2 mb	< 40 km	PSG
4	18-8-2000	00:44.0	107.8	-7	4,4 mb	< 40 km	PSG
5	7-11-2000	21:53:26	107.083	-7.1396	4.8 Mw	33 km	USGS
6	11-7-2003	7:19:23	107.62	-6.76	4,2 SR	10 km	BMKG
7	24-12-2003	58:14.3	107.69	-7.11	3,5 mb	< 40 km	PSG
8	25-12-2004	56:22.6	107.77	-6.99	4,7 mb	< 40 km	PSG
9	15-1-2005	47:39.8	107.54	-7	3,0 mb	< 40 km	PSG
10	23-1-2005	47:46.5	107.76	-6.94	4,5 mb	< 40 km	PSG
11	2-2-2005	02:20.6	107.69	-7.12	4,0 mb	< 40 km	PSG
12	6-4-2005	25:43.2	107.44	-7.05	3,5 mb	< 40 km	PSG
13	2-2-2005	12:55:18	107.819	-7.0369	4.8 Mw	15 km	USGS
14	15-4-2005	9:06:07	107.464	-6.891911	4.4 Mw	10 km	USGS
15	22-7-2011	5:46	107.72	-6.84	3.4 ML	6 km	BG
16	28-8-2011	16:00	107.52	-6.92	3.3 SR	10 km	BMKG
17	4-9-2011	01:30	107.4	-6.88	4.5 SR	10 km	BMKG



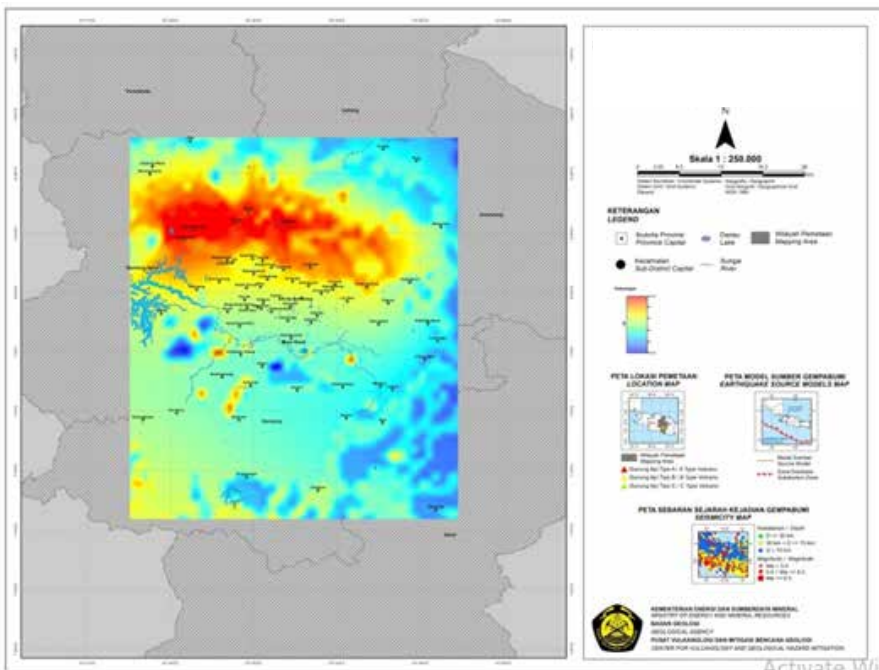
Gambar 1.20. Sebaran kegempaan dangkal di Cekungan Bandung. Data kegempaan bersumber dari : USGS, BMKG, Marjiyono dkk.(2008), Sulaiman dan Hidayati (2011).

Gambar 1.21 di bawah ini merupakan pemodelan yang menunjukkan percepatan tanah puncak pada batuan permukaan probabilistik periode ulang 500 tahun. Dari gambar tersebut terlihat potensi kemungkinan kerusakan yang lebih besar di daerah utara daerah kajian, tepatnya di daerah Lembang dan sekitarnya, begitupun di daerah selatan di sekitar Gunung Patuha, Kecamatan Ciwidey, Kabupaten Bandung.

Sedangkan percepatan respon spektra 0,2 detik pada batuan permukaan probabilistik periode ulang 500 tahun juga menunjukkan potensi yang lebih kuat di

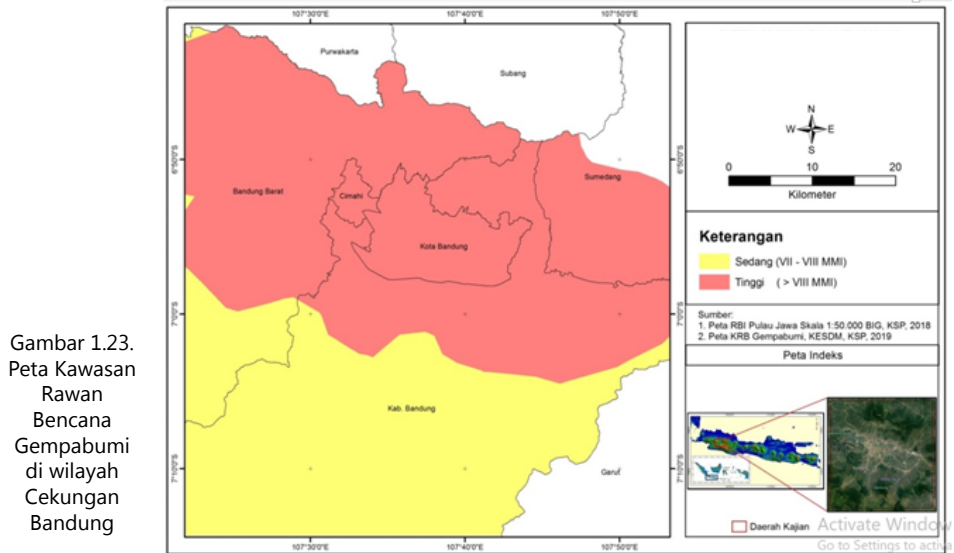


Gambar 1.21. Peta percepatan tanah puncak pada batuan permukaan probabilistik periode ulang 500 tahun di Daerah Kajian Cekungan Bandung



Gambar 1.22. Peta Percepatan respon spektra 0,2 detik pada batuan permukaan probabilistik periode ulang 500 tahun di wilayah Cekungan Bandung

daerah utara daerah kajian dan Peta Kawasan Rawan Bencana Gempabumi di Daerah Cekungan Bandung dapat dilihat pada Gambar 1.23.



1.4.2.2. Kerentanan Gerakan Tanah

Gerakan tanah merupakan salah satu jenis bencana alam yang sering terjadi di Indonesia termasuk di wilayah Cekungan Bandung, karena sebagian besar merupakan daerah perbukitan atau pegunungan yang membentuk lahan miring. Gerakan tanah umumnya sering terjadi selama musim hujan pada daerah yang terbuka tanpa vegetasi yang memiliki tanah yang tebal. Tentunya kejadian gerakan tanah ini sering menyebabkan kerugian materil dan korban jiwa. Catatan Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Jawa Barat menyebutkan longsor sudah terjadi sebanyak 852 kali di daerah Jawa Barat sepanjang tahun 2020. Beberapa di antaranya hingga menelan korban jiwa.

Pada dasarnya gerakan tanah akan terjadi pada suatu lereng, jika ada keadaan ketidakseimbangan yang menyebabkan terjadinya suatu proses mekanis, mengakibatkan sebagian dari lereng tersebut bergerak mengikuti gaya gravitasi, dan selanjutnya setelah terjadi longsor, lereng akan seimbang atau stabil kembali. Jadi longsor merupakan pergerakan massa tanah atau batuan menuruni lereng mengikuti gaya gravitasi akibat terganggunya kestabilan lereng. Apabila massa yang bergerak pada lereng ini didominasi oleh tanah dan gerakannya melalui suatu bidang pada lereng, baik berupa bidang miring maupun lengkung, maka proses pergerakan tanah tersebut dapat dikatakan sebagai longsor tanah (Cruden, 1996).

Dari sekian banyak kriteria terjadinya gerakan tanah, Kelerengan menjadi faktor yang sangat penting dalam proses terjadinya gerakan tanah. Pembagian zona kerentanan sangat terkait dengan kondisi kemiringan lereng. Kondisi kemiringan lereng lebih 15° perlu mendapat perhatian terhadap kemungkinan bencana tanah

longsor dan tentunya dengan mempertimbangkan faktor-faktor lain yang mendukung. Pada dasarnya sebagian besar wilayah di Indonesia merupakan daerah perbukitan atau pegunungan yang membentuk lahan miring (Karnawati, 2005).

Beberapa peneliti mendefinisikan Gerakan tanah sebagai berikut:

- Gerakan tanah atau longsor tanah adalah perpindahan material pembentuk lereng dapat berupa batuan asli, tanah pelapukan, bahan timbunan atau kombinasi dari material-material tersebut yang bergerak ke arah bawah atau ke luar lereng (Varnes, 1978).
- Gerakan tanah (*mass movement*) secara umum dapat didefinisikan sebagai proses pergerakan material yang besar dari satu tempat ke tempat lain yang lebih rendah akibat pengaruh gravitasi baik cepat maupun lambat (Zuidam, 1986).
- Gerakan tanah adalah pergerakan massa batuan, *debris* atau tanah menuju bagian bawah lereng karena gravitasi yang merupakan suatu konsekuensi fenomena dinamis alam untuk mencapai kondisi baru akibat gangguan keseimbangan lereng yang terjadi, baik secara alamiah maupun akibat ulah manusia, (Cruden, 1991).
- Gerakan tanah adalah gerakan menuruni atau keluar lereng oleh massa tanah atau batuan penyusun lereng, maupun percampuran keduanya sebagai bahan rombakan, akibat terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng tersebut (Karnawati, 2005).
- Gerakan tanah adalah keruntuhan material lereng pada bidang miring yang menjelaskan sejumlah besar pergerakan masa yang disebabkan gravitasi baik di atas permukaan bumi maupun di bawah permukaan air (Lu dan Godt, 2013).

Jenis gerakan tanah menurut tipe dan jenis materialnya berdasarkan klasifikasi Varnes D.J., 1978, dapat digolongkan menjadi 6 jenis, seperti terlihat dalam Tabel 1.5.

Tabel 1.5. Klasifikasi Jenis Gerakan Tanah (disederhanakan)

No	Jenis Gerakan tanah Batuan	Jenis Material		
		Tanah	Bahan Rombakan	
1	Jatuhan	Jatuhan batuan	Jatuhan tanah	Jatuhan bahan rombakan
2	Robohan	Robohan	Robohan tanah	Robohan bahan
		batuan		rombakan
3	Longsoran	Nendatan	Nendatan tanah	Nendatan bahan
	a. Rotasi	batuan	Longsoran	rombakan
	b. Translasi	Longsoran	tanah	Longsoran
		batuan		bahan rombakan

4	Pencaran lateral lateral batu	Pencaran	Pencaran lateral	Pencaran bahan
		tanah	rombakan	
5	Aliran	Aliran batuan	Aliran tanah	Aliran bahan
6	Kombinasi	Kombinasi dua atau lebih gerakan tanah		

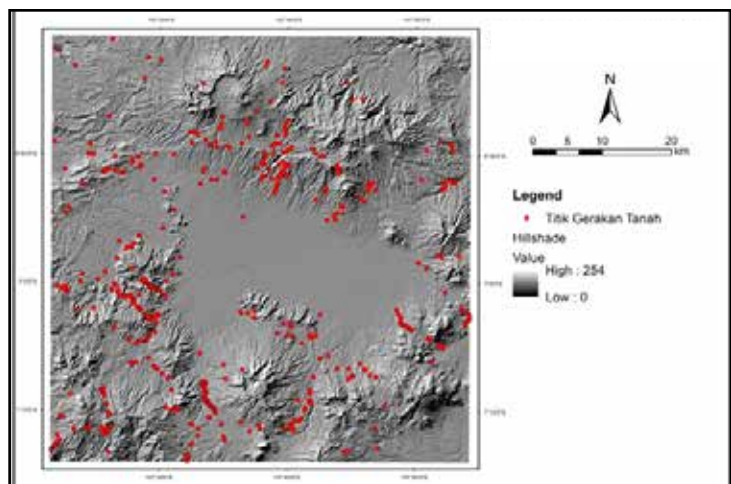
Gerakan tanah dapat terjadi karena beberapa faktor penyebab baik faktor alam maupun faktor perbuatan manusia. Gerakan tanah terjadi karena adanya penurunan tingkat kestabilan lereng yang dicerminkan oleh berkurangnya nilai faktor keamanan lereng akibat perubahan pada kekuatan gaya penahan (*resisting force*) dan gaya pendorong (*driving force*).

Karnawati (2005) menjelaskan bahwa pergerakan massa tanah/batuan pada lereng dapat terjadi akibat interaksi pengaruh beberapa kondisi yang meliputi kondisi morfologi, geologi, struktur geologi, hidrogeologi, dan tata guna lahan. Kondisi-kondisi tersebut saling berpengaruh sehingga mengkondisikan suatu lereng menjadi rentan dan siap bergerak. Lereng yang rentan dan siap bergerak akan benar-benar bergerak apabila ada faktor pemicu gerakan.

Kelerengan menjadi faktor yang sangat penting dalam proses terjadinya gerakan tanah. Pembagian zona kerentanan sangat terkait dengan kondisi kemiringan lereng. Kondisi kemiringan lereng lebih 15° perlu mendapat perhatian terhadap kemungkinan bencana tanah longsor dan tentunya dengan mempertimbangkan faktor-faktor lain yang mendukung. Namun, sebagai faktor pemicu terjadinya gerakan tanah dapat berupa hujan, getaran-getaran atau aktifitas manusia pada lereng, seperti pemotongan dan penggalian, pembebanan yang berlebihan dan sebagainya.

Penjelasan tentang gerakan tanah di wilayah Cekungan Bandung di bawah ini dan selanjutnya didasarkan pada hasil penelitian Yunara D. Triana, dr (2019). Menurut mereka, jenis gerakan tanah yang terdapat di wilayah Cekungan Bandung umumnya berjenis longsor bahan rombakan, nendatan, dan aliran bahan rombakan.

Gambar 1.24. Peta sebaran/distribusi titik gerakan tanah di Cekungan Bandung



Berdasarkan hasil penyelidikan lapangan dan interpretasi citra, secara keseluruhan terdapat 1059 titik lokasi gerakan tanah dengan dimensi kecil sampai sedang, baik itu berupa longsor, nendatan, maupun aliran bahan rombakan, (lihat Gambar 1.27).

Gerakan tanah tipe longsor umumnya terjadi pada tebing-tebing jalan dan alur-alur air pada tebing jalan yang berada pada daerah perbukitan dengan relief sedang sampai kasar. Di beberapa tempat dijumpai juga jejak-jejak longsor lama yang mencirikan tipe longsor, (Gambar 1.25).



Gambar 1.25. Gerakan tanah tipe longsor bahan rombakan yang terjadi di areal pemukiman warga di Ciawitali Selatan, Kel. Citeureup Kota Cimahi.

. Gerakan tanah tipe longsor banyak juga dijumpai pada tebing di daerah pemukiman warga di Cekungan Bandung seperti yang terjadi di Ciawitali Selatan, Kelurahan Citeureup Kota Cimahi yang mengakibatkan 2 orang meninggal dunia dan 5 orang luka-luka.

Di wilayah Cekungan Bandung juga dijumpai longsor dengan tipe nendatan pada badan jalan. Contoh kasus nendatan dijumpai pada jalur jalan Kolonel Matsuri, tepatnya di Desa Cikahuripan, Kec. Lembang, Kab. Bandung Barat (Gambar 1.26),

Badan jalan selain mengalami nendatan juga mengalami retakan dan membentuk tapal kuda yang membentuk retakan dengan lebar antara 1 - 2 cm. Gerakan tanah terjadi pada badan jalan yang berada di atas tebing dengan kemiringan terjal dengan tataguna lahan di sekitarnya berupa kebun campuran dan permukiman. Pada saat kegiatan lapangan, di lokasi ini telah dilakukan upaya penanganan dengan cara penutupan retakan.



Gambar 1.26. Gerakan tanah tipe rayapan dan nendatan di jalur jalan di daerah Kab. Bandung Barat, (kiri) retakan yang muncul di jalan sebagai indikasi gerakan tanah tipe rayapan. (kanan) retakan yang sudah ditutup oleh semen.



Gambar 1.27 Longsoran bahan rombakan yang menutupi Sungai Cibintu di Desa Lebakwangi, Kecamatan Arjasari, Kab. Bandung.

Tipe gerakan tanah lain yang dijumpai di daerah Cekungan Bandung adalah longsoran yang berkembang menjadi aliran bahan rombakan, seperti yang terjadi di Kampung Cibeureum, Desa Lebakwangi, Kecamatan Arjasari, Kabupaten Bandung, Jawa Barat dengan koordinat $07^{\circ} 02' 43,3''$ LS dan $107^{\circ} 37' 24,9''$ BT. Gerakan tanah terjadi pada Kamis, 6 Oktober 2016 setelah hujan deras mengguyur sejak siang. Material longsoran atau gerakan tanah menimbun Sungai Cibintu (Gambar 1.30). Gerakan tanah tersebut memiliki arah longsoran berarah $N 220^{\circ} E$. Lebar mahkota berkisar 222 m dan tinggi tebing 65 m, material longsoran mencapai sejauh 200 m. Pada waktu bersamaan terjadi juga gerakan tanah di Kampung Bunisakti, RT 3/ RW 5, Desa Wargaluyu, Kecamatan Arjasari, Kabupaten Bandung dengan Koordinat $07^{\circ} 02' 19,9''$ LS dan $107^{\circ} 36' 54,9''$ BT dengan jenis gerakan tanah di Kp. Burnisakti adalah nendatan dengan arah gerakan $N 330^{\circ} E$, Arah retakan $N 240^{\circ} E$. Retakan dengan panjang sekitar 50 meter, turun 40 – 50 cm.

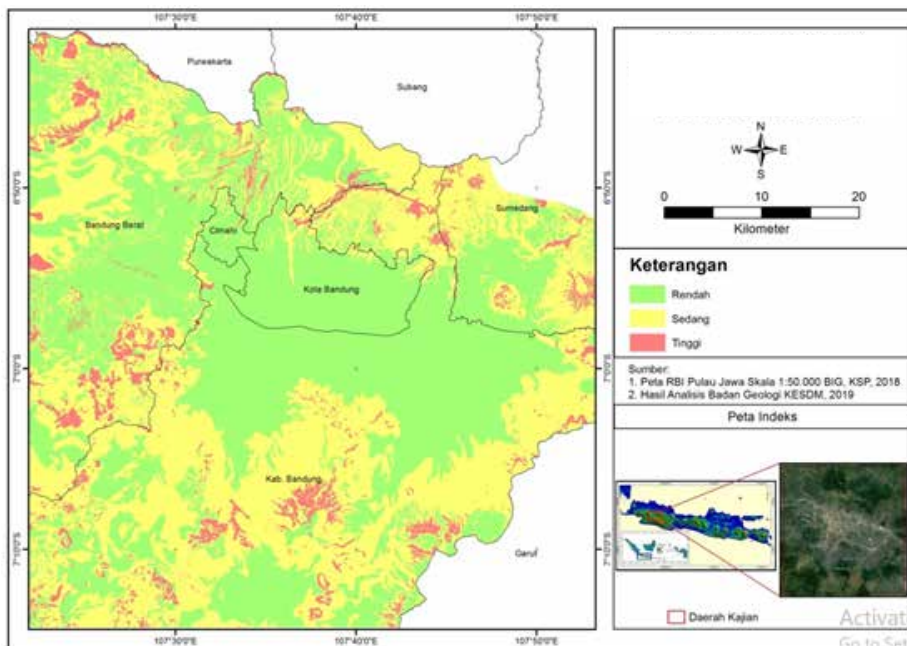
Zona Kerentanan Gerakan Tanah Rendah

Daerah yang mempunyai tingkat kerentanan rendah untuk terjadi gerakan tanah. Pada zona ini jarang terjadi gerakan tanah, jika tidak mengalami gangguan pada

lereng, dan jika terdapat gerakan tanah lama, lereng telah mantap kembali. Gerakan tanah berdimensi kecil mungkin dapat terjadi, terutama pada tebing lembah (alur) sungai. Kisaran kemiringan lereng mulai dari agak terjal (15 - 30%) sampai terjal (30 - 50%) dan tergantung pada kondisi sifat fisik dan keteknikan batuan serta tanah pembentuk lereng. Pada lereng terjal sampai sangat terjal umumnya dibentuk oleh tanah lapukan batuan yang cukup tipis dan vegetasi penutup baik, umumnya berupa hutan, persawahan dan kebun campuran. Batuan dasar pada satuan ini umumnya terdiri dari endapan danau Bandung purba (Qd), batuan sedimen (Qob), endapan kipas aluvial yang terutama tersusun oleh material lepas, lempung, pasir, kerakal, kerikil dan percampurannya (Qaf1), endapan aluvium (Qa). Zona kerentanan gerakan tanah rendah menempati sebagian besar wilayah barat daerah penelitian sekitaran waduk saguling, bagian timur laut, sebagian besar Kota Cimahi dan Kota Bandung dan sebagian kecil di daerah selatan. Zona ini memiliki luas penyebaran mencapai 1033,94 Km² atau 27,89% dari seluruh daerah pemetaan.

Zona Kerentanan Gerakan Tanah Menengah

Daerah yang mempunyai tingkat kerentanan menengah untuk terjadi gerakan tanah. Pada zona ini dapat terjadi gerakan tanah, terutama pada daerah yang berbatasan dengan lembah sungai, gawir tebing jalan, atau jika lereng mengalami gangguan. Gerakan tanah lama dapat aktif kembali terutama akibat curah hujan yang tinggi. Kisaran kemiringan lereng mulai dari terjal (30 - 50%) sampai sangat terjal (50 - 70%), tergantung pada kondisi sifat fisik dan keteknikan batuan dan tanah



Gambar 1.28. Peta Kawasan Rawan Bencana Gerakan Tanah wilayah Cekungan Bandung

sebagai material pembentuk lereng. Umumnya lereng mempunyai vegetasi penutup yang kurang kuat dan lereng pada umumnya dibentuk oleh batuan Gunungapi Kuda (Qvk), Tuff muda (Qvt), Batuan Gunungapi Sindangkerta (Qvs), Batuan Gunungapi Malabar (Qvm), Batuan Gunungapi Wayang Windu (Qvww), Batuan Gunungapi Dogdog (Qvd), pycroclastic (Qv1), sedimen (Qob) dan kipas vulkanik (Qvf). Zona kerentanan gerakan tanah tersebar merata di bagian timur, tenggara, selatan, barat daya, barat dan utara daerah pemetaan. Wilayah dengan zona kerentanan gerakan tanah menengah tersebar di sekitar selatan Kabupaten Bandung, selatan Kabupaten Sumedang, selatan Kabupaten Bandung Barat, sedikit di bagian utara Kota Cimahi dan Kota Bandung serta di bagian selatan Kabupaten Purwakarta dan Subang. Zona Kerentanan Gerakan Tanah Menengah di Cekungan Bandung meliputi area dengan luas 1458,81 Km² atau 39,35% dari seluruh daerah pemetaan.

Zona Kerentanan Gerakan Tanah Tinggi

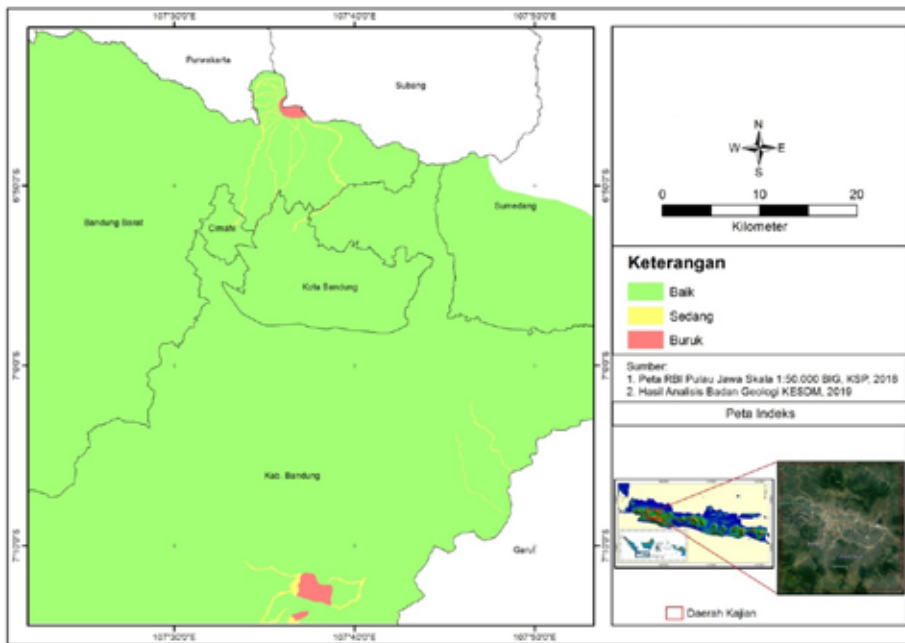
Daerah yang mempunyai tingkat kerentanan tinggi untuk terkena gerakan tanah. Pada zona ini sering terjadi gerakan tanah, sedangkan gerakan tanah lama dan gerakan tanah baru masih aktif bergerak akibat curah hujan tinggi dan erosi kuat. Kemiringan lereng mulai dari terjal (30 - 50%) sampai sangat terjal (50 - 70%). Tergantung pada kondisi sifat fisik dan keteknikan batuan dan tanah. Vegetasi penutup lereng bervariasi dari sangat kurang sampai baik. Lereng terutama dibentuk oleh Hasil gunungapi tua tak teruraikan (Qvbt), produk gunungapi Gunung Burangrang (Qvbr), hasil endapan gunungapi Manglayang (Qvml) yang menempati bagian utara daerah pemetaan. Zona ini juga menempati sebagian pada daerah barat daerah pemetaan yang disusun oleh Batuan gunungapi soreang (Pvso), Anggota batupasir formasi citarum (Nmcts), Batuan gunungapi Singangkerta (Qvs), lava (Oml). Zona ini juga menempati sebagian kecil daerah yang disusun Batuan Gunungapi Malabar (Qvm), Batuan Gunungapi Wayang Windu (Qvww), Batuan Gunungapi Pengalengan (Qvpa), Batuan Gunungapi Patuha (Qvp) dengan sebaran terutama pada bagian selatan daerah pemetaan. Luas penyebaran Zona Kerentanan Gerakan tanah Tinggi meliputi 442,89 km² atau 11,95 % dari seluruh daerah pemetaan. Wilayah yang termasuk ke dalam zona ini meliputi lereng di punggung Sesar Lembang, Pegunungan Sukanegara, Gunung Manglayang, Gunung Mandalawangi, Gunung Geulis, Mandala Jati, Kadung Ora, Wayang Windu, Gunung Puntang Malabar, Pasir Jambu, Komplek Gunung Patuha, Pegunungan Tersier di Kabupaten Cililin dan Sindangkerta, Pegunungan Homoklin dan Pasir Kiara Kabupaten Bandung.

1.4.2.3. Kawasan Rawan Bencana Gunungapi

Risiko Bencana Gunungapi adalah potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana gunungapi pada suatu wilayah dan kurun waktu tertentu yang dapat mengakibatkan korban jiwa berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta, dan gangguan kegiatan masyarakat. Kerawanan bencana gunungapi di wilayah utara Cekungan Bandung bersumber dari aktivitas Gunung Tangkubanparahu. Gunung ini merupakan



Gambar 1.29. Erupsi freatik Gunung Tangkubanparahu pada Tanggal 26 Juli 2019



Gambar 1.30. Peta Kawasan Rawan Bencana Gunungapi di wilayah Cekungan Bandung.

gunungapi aktif yang masih sering terjadi erupsi, umumnya berupa letusan freatik dari Kawah Ratu.

Berdasarkan data dari Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, tercatat bahwa di Gunung Tangkuban Parahu terjadi rangkaian erupsi pada tahun 2019 diawali dengan erupsi freatik pada 26 Juli 2019 (Gambar 1.30), menghasilkan kolom erupsi berwarna kelabu – hitam dengan tinggi kolom erupsi 200 - 300 m dari dasar kawah, diikuti dengan rangkaian erupsi menerus selama Bulan Agustus 2019, menghasilkan kolom

erupsi berwarna putih – kelabu tebal dengan tinggi kolom erupsi 120 – 200 m dari dasar kawah. Erupsi terakhir terjadi pada 7 September 2019. Hingga terhitung sejak 21 Oktober 2019 pl. 09.00 WIB. Level I (Normal). Dalam level I (Normal) ini masyarakat di sekitar Gunung Tangkubanparahu dan pengunjung/wisatawan/pendaki direkomendasikan agar tidak turun ke dasar Kawah Ratu dan turun/mendekat ke kawah-kawah aktif lain Gunung Tangkubanparahu.

Sedangkan, kerawanan bencana gunungapi di wilayah selatan Cekungan Bandung bersumber dari beberapa gunungapi yang sedang melakukan aktivitas pemanfaatan panasbumi, diantaranya yang berada di Gunung Kamojang, Gunung Wayang-Windu, Gunung Drajat-Kendang-Guha, dan Gunung Patuha. Walaupun, di empat kompleks gunungapi itu statusnya sedang tidak terjadi aktifitas gunungapi yang membahayakan. Gambar 1.33 menunjukkan Peta Kawasan Rawan Bencana Gempabumi di wilayah Cekungan Bandung.

1.4.2.4. Lahan Basah

Kriteria lahan basah dimasukkan sebagai parameter dalam penentuan kesesuaian lahan berdasarkan aspek geologi lingkungan erat kaitannya dengan kegiatan konstruksi dan infrastruktur. Seperti diketahui bahwa bangunan fisik pada daerah lahan basah membutuhkan biaya dan rekayasa tertentu. Jika ditelusuri dari toponimi daerah, daerah kajian dulunya banyak yang berarti rawa (Ranca) dan Ci, seperti Rancaekek, Rancabali. Berkurangnya area lahan basah sangat dimungkinkan disebabkan oleh penggunaan lahan seperti pemukiman dan kawasan industri.

Lahan basah dalam perspektif konstruksi dan infrastruktur termasuk dalam faktor perendah dalam kesesuaian lahan. Di lain pihak lahan basah mempunyai banyak manfaat, menurut USDA (1995), kontribusi lahan basah dapat dibandingkan

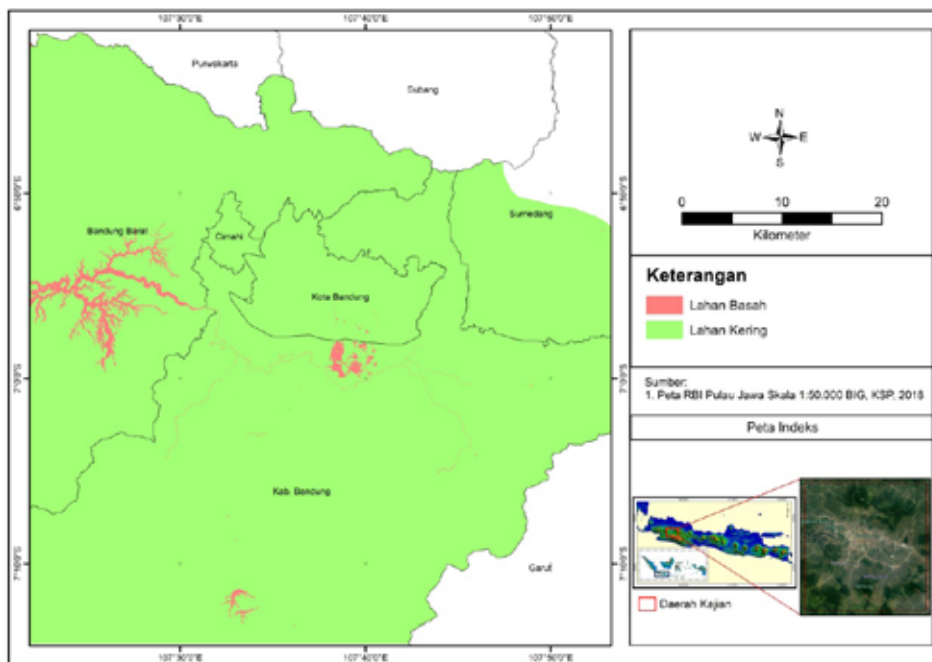


Gambar 1.31. Masjid Al Jabbar Gedebage "Landmark" baru Kota Bandung yang di bangun di lahan basah.

dengan 'ginjal' dalam sistem manusia. Lahan basah melakukan berbagai fungsi termasuk perlindungan garis pantai, menyediakan tempat berlindung untuk menilai dan membahayakan spesies tanaman dan hewan, terbukti sebagai saluran yang sangat baik untuk rekreasi dan pendidikan. Lahan basah membersihkan lingkungan dengan

menghilangkan pestisida dan sedimen dari sumber air permukaan. Selain itu, lahan basah efektif dalam pengolahan limbah dan kotoran hewan, bertindak sebagai agen yang bekerja untuk memperlambat aliran air daratan sehingga mengurangi banjir dan erosi tanah di hilir.

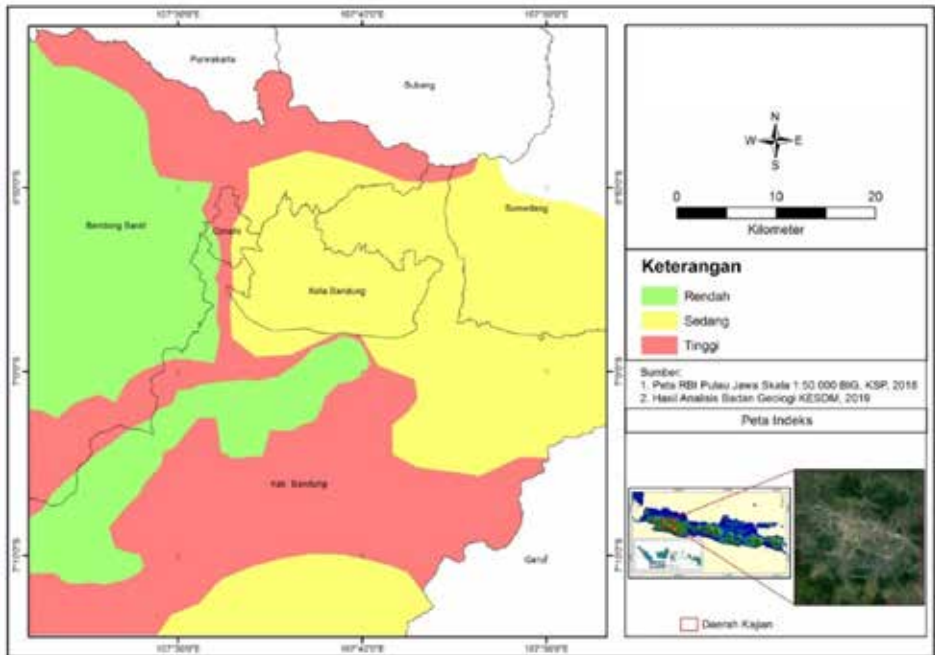
Lahan basah pesisir bertindak sebagai penyangga terhadap dampak pasang surut dan gelombang antara laut dan daerah dataran tinggi. Lahan basah juga bertindak sebagai reservoir untuk air hujan dan limpasan, terbukti efektif dalam mengisi ulang pasokan air tanah dan memperluas aliran aliran selama periode curah hujan rendah. Manfaat lainnya adalah merupakan rumah bagi beragam flora dan fauna, merupakan rumah bagi burung yang bermigrasi yang mengikuti rute yang biasanya disejajarkan dengan daerah lahan basah. Konservasi lahan basah adalah salah satu masalah sumber daya alam yang paling penting dan sensitif. Degradasi lahan basah dapat menyebabkan konsekuensi serius, seperti meningkatnya banjir, kepunahan spesies, dan penurunan kualitas air. Sebaran lahan basah di wilayah Cekungan Bandung dapat dilihat pada Gambar 1.32.



Gambar 1.32. Peta Lahan Basah wilayah Cekungan Bandung

1.4.2.5. Kerapatan Sungai

Kriteria kerapatan sungai dimasukkan sebagai parameter dalam penentuan kesesuaian lahan berdasarkan aspek geologi lingkungan erat kaitannya dengan kegiatan konstruksi dan infrastruktur. Semakin rapat sungai dalam suatu wilayah, maka dibutuhkan biaya yang besar untuk membangun akses jalan maupun jembatan.



Gambar 1.33. Peta Kerapatan Sungai wilayah Cekungan Bandung

Kerapatan sungai adalah suatu indeks yang menunjukkan banyaknya anak sungai dalam suatu daerah pengaliran. Horton, (1945) menyatakan bahwa kerapatan jaringan sungai merupakan perluasan fungsi dari besarnya kapasitas infiltrasi dan ketahanan terhadap erosi. Kerapatan sungai rendah terlihat pada daerah dengan jenis tanah yang tahan terhadap erosi atau sangat permeable. Nilai yang tinggi dapat terjadi pada panah yang mudah tererosi atau permeable yang rendah, dengan kemiringan tanah yang curam, dan hanya sedikit ditumbuhi tanaman (Sosrodarsano dan Takeda, 2003).

Kerapatan aliran sungai dapat dipahami atau menggambarkan kapasitas penyimpanan air permukaan dalam cekungancekungan seperti danau, rawa dan badan sungai yang mengalir di suatu DAS. Definisi kerapatan aliran diatas dapat dijabarkan melalui rumus berikut:

$$Dd = L/A$$

Keterangan:

Dd = Kerapatan aliran

L = Panjang Sungai (Km)

A = Luas DAS (km²)

Tabel 1.6. Nilai Dd menurut Soewarno, 1991

No.	Dd (Km/Km ²)	KELAS KERAPATAN	KETERANGAN
1.	< 0,25	Rendah	Alur batuan melewati batuan dengan resistensi keras, maka angkutan sedimen yang terangkut aliran sungai lebih kecil jika dibandingkan pada alur sungai yang melewati batuan dengan resistensi yang lebih lunak, apabila kondisi lain yang mempengaruhinya sama;
2.	0,25 - 10	Sedang	Alur sungai yang melewati batuan dengan resistensi yang lebih lunak, sehingga angkutan sedimen yang terangkut aliran akan lebih besar;
3.	10 - 25	Tinggi	Alur sungai yang melewati batuan dengan resistensi yang lunak, sehingga angkutan sedimen yang terangkut aliran akan lebih besar;
4.	< 25	Sangat Tinggi	Alur sungai melewati batuan yang kedap air, keadaan ini akan menunjukkan bahwa hujan yang menjadi aliran akan lebih besar jika dibandingkan suatu daerah dengan Dd Rendah melewati batuan yang permeabilitas besar.

Berdasarkan rumusan di atas yang menggunakan nilai Dd menurut soewarno, 1991, maka kondisi kerapatan sungai di wilayah Cekungan Bandung dapat dilihat pada Gambar 1.31 dan kelas kerapatan sungai tersebut dibagi menjadi 3, yaitu: rendah, sedang, dan tinggi. Jika dibandingkan dengan Tabel 1.6 di atas, maka kelas kerapatan tinggi dan sangat tinggi dikategorikan menjadi kelas kerapatan tinggi dngan luas area mencapai sekitar 25 - 30% dari total luas wilayah Cekungan Bandung.

1.4.2. Tematik Faktor Perendah

1.4.3.1. Banjir

Banjir adalah bencana alam yang sering terjadi di banyak perkotaan dalam skala yang berbeda dimana air dengan jumlah yang berlebih berada di daratan yang biasanya kering. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), pengertian banjir adalah berair banyak dan juga deras, kadang-kadang meluap. Hal itu dapat terjadi sebab jumlah air yang ada di danau, sungai, ataupun daerah aliran air lainnya yang melebihi kapasitas normal akibat adanya akumulasi air hujan atau pemampatan sehingga menjadi meluber. Terdapat macam-macam banjir yang disebabkan karena beberapa faktor, antara lain: banjir air, banjir lumpur, banjir bandang, banjir rob (pasang-surut), dan banjir lahar. Sementara banjir yang dijelaskan dalam laporan ini berkaitan dengan banjir yang sering melanda wilayah Kajian Cekungan Bandung, yaitu banjir luapan sungai.

Banjir luapan sungai adalah banjir yang terjadi karena aliran sunga memiliki debit di atas normal sehingga air sungai melimpah keluar dari saluran sungai. Aliran sungai

dikatakan normal apabila aliran sungai itu terbatas di bawah tebing saluran sungai. Daerah di sekitar aliran sungai besar umumnya adalah dataran banjir yang terbentuk oleh sistem fluvial yang mengakomodasi debit aliran sungai yang besar dan jarang terjadi (Cooke dan Doornkamp, 1977). Di daerah hilir dari suatu sistem aliran sungai, dataran banjir dapat juga berupa dataran pantai.

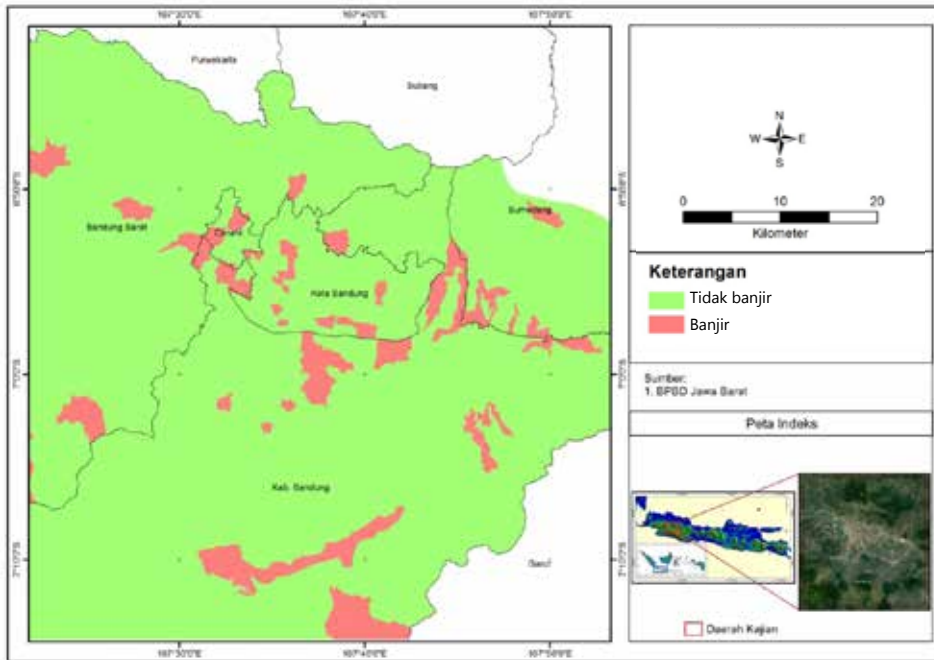
Pencetus banjir tipe ini disebabkan oleh debit liran sungai di atas normal akibat curah hujan yang tinggi di Daerah Aliran Sungai (DAS). Sementara karakter kedatangan atau kejadian menurut Cooke dan Doornkamp (1977), karakteristik banjir tipe ini ditentukan oleh tiga hal, yaitu fenomena transien (misalnya curah hujan atau es yang mencair), karakter cekungan DAS, dan tataguna lahan. Disebutkan pula bahwa hal yang penting dari banjir tipe ini adalah sifatnya yang berulang (episodik) dan karakter "*discharge*". Curah hujan yang tinggi adalah faktor penyebab yang utama. Oleh karena itu, banjir ini hanya datang di musim hujan. Kejadiannya diawali oleh curah hujan yang tinggi dalam waktu yang cukup lama.

Kejadian banjir ini dapat diprediksi berdasarkan pada karakter curah hujan dalam setahun dan karakter DAS. Secara kasar dapat dikatakan bahwa banjir ini dapat terjadi di musim hujan. Cepatnya kedatangan dan lamanya genangan dapat diprediksi dari karakter DAS dan sejarah banjir yang pernah terjadi. Dalam rangka memprediksi kejadian banjir ini, informasi prediksi curah hujan dari BMG perlu diperhatikan secara seksama dan siap dengan tindakan mitigasi.

Durasi lamanya banjir ditentukan oleh tingginya curah hujan dan lamanya hujan, serta karakter cekungan DAS. Karakter DAS menentukan lamanya genangan banjir. Sedangkan areal terganggu oleh banjir ini adalah dataran banjir di sekitar muara sungai. Luasnya areal genangan ditentukan oleh karakter aliran sungai atau luas dataran banjirnya dan besarnya debit banjir. Gambar 1.37 menunjukkan Peta Banjir pada Daerah Kajian Cekungan Bandung pada kurun waktu 2015-2018.

Berdasarkan penelitian Hannan, ddk (2017) salah satu penyebab banjir di Cekungan Bandung yaitu kondisi daerah aliran sungai (DAS) yang belum terkelola dengan baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara administrasi Kecamatan Baleendah, Ciparay, Katapang, Dayeuhkolot, dan Bojongsong merupakan lokasi dengan bahaya tinggi yang cukup luas. Kemudian secara administrasi Kecamatan Baleendah merupakan lokasi dengan kerentanan tinggi yang terluas yaitu 257,58 ha atau 4,95 % dari total luas daerah terdampak bahaya, diikuti dengan Kecamatan Margahayu seluas 151,03 ha (2,90 %), Kecamatan Katapang seluas 134,55 ha (2,59 %). Untuk kelas risiko tinggi terdapat pada Kecamatan Baleendah, Margahayu, Katapang, Dayeuhkolot dengan masing-masing luas daerah risiko adalah 383,46 ha, 151,19 ha, 142,78 ha, 74,61 ha. Banjir di wilayah Kecamatan Baleendah, Bojongsong, Dayeuhkolot serta daerah lain yang merupakan titik rawan banjir disebabkan kawasan tersebut memiliki elevasi lebih rendah dibandingkan aliran Sungai Citarum dan padatnya pemukiman di wilayah tersebut.

Arahan mitigasi banjir di Cekungan Bandung dibagi kedalam 5 zona. Zona V merupakan zona prioritas dalam penanggulangan banjir di wilayah Cekungan Bandung. Arahan mitigasi pada zona tersebut yaitu pembuatan saluran drainase



Gambar 1.34. Peta Potensi Banjir wilayah Cekungan Bandung.
Warna merah peta merupakan gambaran kondisi banjir yang sering terjadi.

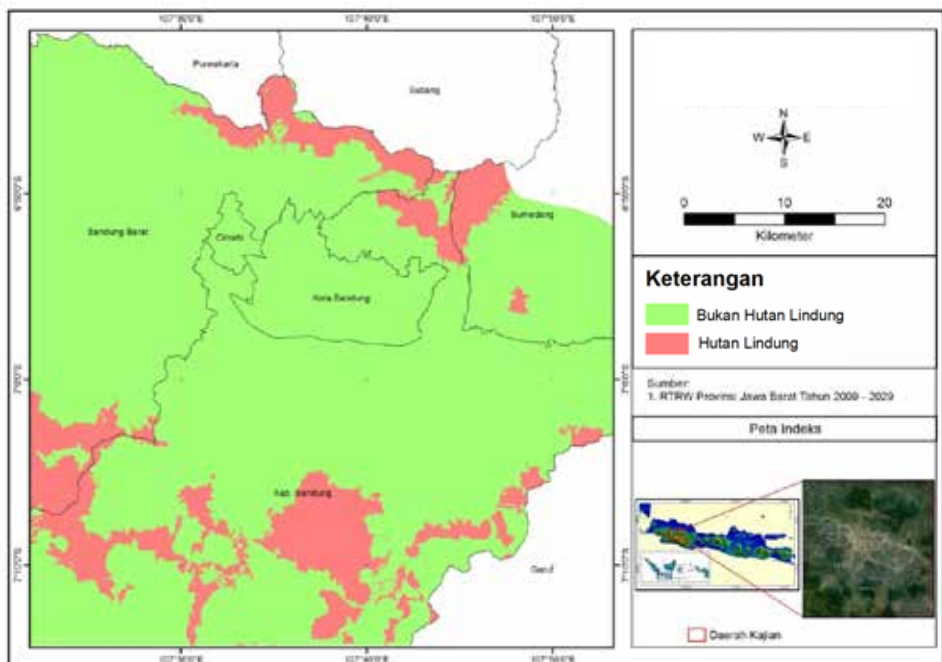
perkotaan yang dibuat dengan rekayasa teknik sipil untuk mengalirkan air dari cekungan-cekungan terendah. Menurunkan tingkat kerentanan dengan peningkatan kapasitas masyarakat melalui program penyuluhan pengelolaan lingkungan dan sampah, serta kemampuan tanggap bencana. Selain itu dilakukan upaya mitigasi di DAS Citarum Hulu yang bertujuan untuk mengurangi debit aliran yang masuk ke wilayah Cekungan Bandung dengan penataan ruang di DAS Citarum Hulu, Rehabilitasi hutan dan lahan terutama pada lahan kritis, dan pentingnya penegakan hukum pada penggunaan lahan yang tidak sesuai pola ruang dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Provinsi Jawa Barat, (sumber: <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/90869>).

Penanganan banjir yang dilakukan pemerintah di Cekungan Bandung adalah dengan pembangunan Sistem Pengendalian Banjir Sungai Citarum Hulu berupa normalisasi sungai di hulu, pembangunan Embung Gedebage, pembangunan kolam retensi Cieunteung yang akan mengurangi banjir di Dayeuhkolot dan Baleendah, pembangunan Floodway Cisangkuy dan Pembangunan Terowongan Nanjung. Pembangunan infrastruktur pengendali banjir juga bertujuan mendukung Program Citarum Harum. Selain itu adalah membuat sodetan Cisangkuy yang bisa mengalirkan 80 persen air dari Sungai Cisangkuy langsung ke Sungai Citarum yang sedang diupayakan penyelesaiannya. Pembangunan Terowongan Nanjung akan mempercepat aliran Sungai Citarum ke hilir sehingga lama dan luas genangan banjir di kawasan cekungan Bandung bisa berkurang. “Diharapkan dapat mengatasi banjir di Bandung, terutama di daerah Dayeuhkolot, Baleendah dan Bojongsong. Pada saat

musim hujan, debit banjir Sungai Citarum yang besar tertahan batuan besar di Curug Jompong yang juga merupakan situs budaya. Oleh karenanya dibangun terowongan yang akan memperlancar aliran dan meningkatkan kapasitas Sungai Citarum dari semula hanya bisa menampung banjir kala ulang lima tahunan atau $Q_5 = 570 \text{ m}^3/\text{detik}$ menjadi $Q_{20} = 643 \text{ m}^3/\text{detik}$. Terowongan juga dilengkapi oleh check dam di sisi *outlet* yang akan menahan sedimen agar tidak masuk ke Waduk Saguling yang berada di bawahnya. Pada musim hujan aliran sungai Citarum sebagian besar dialirkan melalui terowongan. Pada musim kemarau, pintu terowongan akan ditutup sehingga dapat dilakukan pengerukan sedimen (sumber: <https://jpp.go.id/ekonomi/infrastruktur/330759-kurangi-kawasan-banjir-cekungan-bandung-pemerintah-bangun-terowongan-nanjung>).

1.4.3.2. Hutan Lindung

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Kehutanan, Hutan Lindung adalah kawasan hutan yang mempunyai fungsi pokok sebagai perlindungan sistem penyangga kehidupan untuk mengatur tata air, mencegah banjir, mengendalikan erosi, mencegah intrusi air laut, dan memelihara kesuburan tanah. Pemanfaatan hutan lindung dapat berupa pemanfaatan kawasan, pemanfaatan jasa lingkungan, dan pemungutan hasil hutan bukan kayu.



Gambar 1.35. Peta Hutan Lindung di wilayah Cekungan Bandung

Ada beberapa kriteria tertentu yang harus dipenuhi agar sebuah hutan dapat disebut dengan hutan lindung. Menurut ketentuan pada Keputusan Menteri, terdapat tiga faktor utama dalam menentukan skoring, yaitu meliputi kemiringan lahan, kepekaan terhadap erosi dan intensitas curah hujan. Metode skoring untuk kebutuhan analisis geologi lingkungan biasanya dilakukan pada kawasan hutan produksi dimana di dalam hutan tersebut ada area-area tertentu yang perlu dan harus dilindungi. Metode skoring tidak dapat diterapkan pada kawasan yang telah ditetapkan sebelumnya sebagai hutan konservasi, misalnya cagar alam, taman nasional, suaka margasatwa, taman hutan raya, taman wisata alam, dan taman untuk berburu.

Persebaran kawasan lindung khususnya hutan lindung di wilayah Cekungan Bandung berada di wilayah Kecamatan Kutawaringin, Kecamatan Rancabali, Kecamatan Pasirjambu, Kecamatan Ciwidey, Kecamatan Banjaran, Kecamatan Pangalengan, Kecamatan Canguang, Kecamatan Cimaung, Kecamatan Arjasari, Kecamatan Pacet, Kecamatan Kertasari, Kecamatan Paseh, Kecamatan Ibum, Kecamatan Cicalengka, Kecamatan Nagreg, Kecamatan Cikancung, Kecamatan Cileunyi, Kecamatan Cimenyan, dan Kecamatan Cilengkrang.

1.4.4. Keleluasaan Pemanfaatan Ruang

Untuk mengetahui keleluasaan pemanfaatan ruang dapat diketahui melalui analisis dan sintesis unsur-unsur geologi lingkungan berupa kendala geologi dan sumber daya geologi. Hasil sintesis tersebut menjadi informasi kesesuaian lahan yang dibutuhkan dalam penyusunan rencana tata ruang dan sebagai alat pengendali pembangunan fisik di suatu wilayah. Alat pengendali ini tidak hanya digunakan untuk mengendalikan pembangunan saat ini saja, juga untuk di masa yang akan datang. Oleh karena itu informasi geologi lingkungan diharapkan dapat memberikan gambaran dampak negatif dan risiko bencana yang diakibatkan oleh kegiatan pengembangan wilayah.

BAB 2

JEJAK PENYELIDIKAN GEOLOGI TATA LINGKUNGAN WILAYAH CEKUNGAN BANDUNG

Kontributor:

M. Wachyudi Memed, Kurniah,
Dita Arief Yuwana, dan Tantan Hidayat



Salah satu efek dari pembangunan dan pengembangan wilayah adalah semakin meluasnya penggunaan lahan untuk kawasan budi daya. Hal ini juga mengakibatkan permintaan akan sumber daya alam akan meningkat pesat. Sejalan dengan itu, populasi penduduk semakin meningkat sebagai akibat pertumbuhan penduduk alami maupun migrasi sebagai dampak pemenuhan sumber daya pembangunan. Agar tercipta keselarasan dan pembangunan berkesinambungan, pengembangan suatu kawasan harus disesuaikan dengan kemampuan daya dukung lahan dan ketersediaan sumber daya, baik sumber daya alam, sumber daya lahan dan sumber daya manusia. Pada aspek lingkungan, kegiatan pembangunan yang dilakukan tidak boleh melampaui kemampuan daya dukung lahan agar tidak menimbulkan degradasi lingkungan. Dalam pengembangan suatu kawasan seringkali terjadi ketidaksesuaian peruntukan lahan karena belum memperhatikan daya dukung lahan, misalnya bangunan perkantoran yang tidak sesuai dengan daya dukung tanah, kawasan permukiman yang tidak memiliki sumber air bersih, pemukiman yang terletak di daerah rawan bencana dan lain-lain. Kajian geologi lingkungan diharapkan memberikan sajian informasi berbagai kondisi geologi yang meliputi sumber daya geologi dan kebencanaan geologi. Sumber daya geologi yang meliputi kondisi topografi, sifat fisik tanah/batuan dan hidrologi merupakan faktor pendukung dalam pengembangan wilayah, sedangkan kebencanaan geologi seperti gempa bumi, tsunami, letusan gunung api, gerakan tanah, likuifaksi, amblesan, *landsubsidence*, dan abrasi, serta kebencanaan lainnya merupakan faktor pembatas (kendala) dalam pengembangan suatu wilayah.

Sejak lama, Kawasan Cekungan Bandung merupakan salah satu Kawasan Strategis Nasional (KSN) yang dalam pengembangannya membutuhkan data pendukung geologi lingkungan. Wilayah ini juga memiliki jumlah penduduk padat yang tentu saja membutuhkan rekomendasi beraspek geologi lingkungan untuk pengembangan wilayah dan pengelolaan lingkungan secara komprehensif. Rangkaian penyelidikan geologi lingkungan atau geologi tata lingkungan telah dilakukan secara berkala sesuai kondisi dan permasalahan yang berkembang di masyarakat yang berkaitan dengan keadaan atau perubahan lingkungan yang terjadi akibat dampak pembangunan.

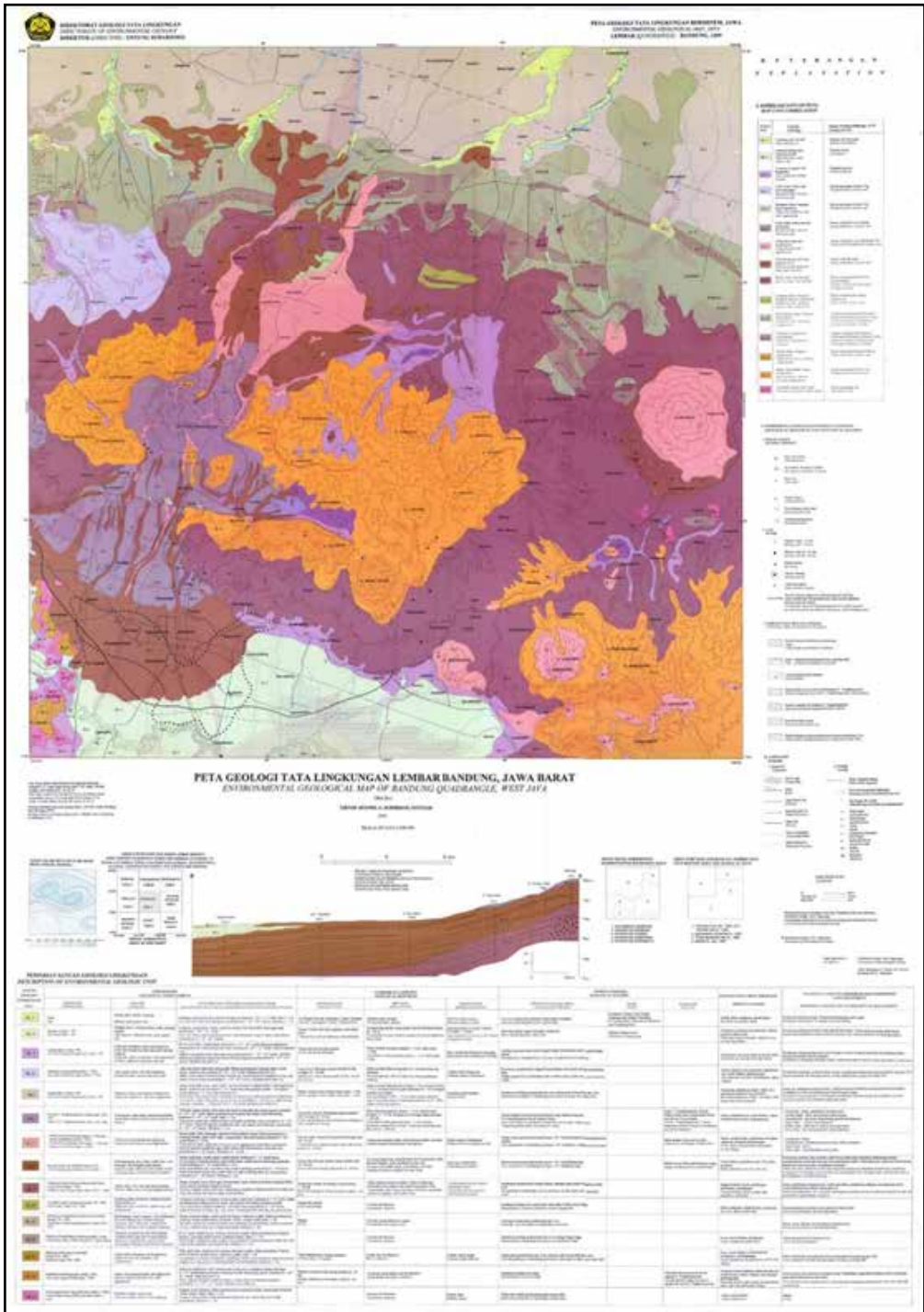
Penyelidikan geologi lingkungan yang cukup komprehensif untuk kebutuhan penataan ruang dan pengelolaan lingkungan telah dilakukan oleh Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan dengan tema, sebagai berikut: 1) Penyusunan Satuan Geologi Lingkungan (1990); 2) Rekomendasi Penggunaan Lahan dari sudut pandang Geologi Tata Lingkungan (1992); 3) Keleluasan Penggunaan lahan berdasarkan aspek Geologi Lingkungan (2005); dan 4) Kesesuaian Lahan Permukiman berdasarkan aspek Geologi Lingkungan (2019). Masing-masing tema tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan dalam melakukan analisis dan sistesis sesuai kemampuan sumber daya manusia yang ada saat, perkembangan keilmuan geologi lingkungan, dan teknologi pendukung analisis dan sintesis yang dinamis.

2.1. PENYELIDIKAN 1990: PETA SATUAN GEOLOGI TATA LINGKUNGAN UNTUK PENGEMBANGAN WILAYAH

Penyelidikan geologi lingkungan yang berkaitan dengan wilayah Cekungan Bandung termasuk ke dalam peta geologi lingkungan lembar Bandung yang dipetakan oleh Tjetje Apandi, drr pada 1990 pada skala 1 : 100.000. Peta tersebut ditampilkan sesuai format lembar peta geologi yang dipetakan oleh Silitonga (1973) dan diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (PPPG), yang kini menjadi Pusat Survei Geologi (PSG).

Hasil Pemetaan geologi lingkungan yang dikembangkan Tjetje Apandi, drr., pada skala 1 : 100.000 ini dilakukan dengan pola pemetaan geologi (*geological mapping*) pada umumnya, yaitu lebih mengandalkan pada kemampuan interpretasi dan pengambilan keputusan melalui penerapan pengetahuan dan pengalaman yang relevan sesuai profesionalisme keilmuan geologi lingkungan dengan standar etika yang tinggi. Hal ini dilakukan untuk mencapai keputusan yang tepat dan cermat selama berlangsungnya tahap pelaksanaan pekerjaan lapangan, menganalisis berbagai fenomena geologi yang berkaitan dengan kehidupan manusia meliputi kondisi daya dukung dan kendala geologi. Hasilnya berupa deskripsi atau pemerian pada setiap komponen yang merupakan data/peta tematik dan kemudian dilakukan sistesis sebagai bahan dalam memberikan arahan atau rekomendasi geologi lingkungan untuk penataran ruang dan pengelolaan lingkungan.

Tampilan dari hasil kajian geologi lingkungan berupa peta satuan geologi lingkungan dengan pemerian yang terdiri atas, (Gambar 2.1): 1) Ciri Geologi,



Gambar 2.1. Peta Geologi Tata Lingkungan Lembar Bandung yang diterbitkan pada 1995.

meliputi informasi morfologi, litologi, dan Sifat fisik dan keteknikan tanah/batuan; 2) Sumber Daya Geologi, meliputi informasi air permukaan, air tanah, dan bahan galian; 3) Bahaya Geologi, meliputi informasi gerakan tanah dan erosi, banjir, gunungapi, gempa bumi; 4) Penggunaan Lahan eksisting; dan 5) Rekomendasi Tata Guna Lahan dan Pengelolaan Lingkungan. Informasi tersebut ditampilkan dalam bentuk matrik yang menyatu dengan peta geologi lingkungan yang dihasilkan.

Cara pengambilan keputusan dalam penyusunan peta geologi lingkungan saat itu dilakukan secara profesional judgement. Artinya, opini pengambilan keputusan yang mengandalkan pemahaman keilmuan dan pengalaman kerja yang melandasi hasil interpretasi, analisis, dan sintesis sangat penting dalam seluruh rangkaian proses penyelidikan. Cara ini membutuhkan keyakinan yang memberikan sebuah kemantapan hati terhadap apa yang menjadi keputusannya. Pengalaman yang dimilikinya akan memberikan pemahaman atas penilaian kesalahan serta *treatment* yang akan dipergunakan untuk menyelesaikan sebuah permasalahan. Kelemahan seorang *professional judgement* terlihat ketika memberikan keputusan tidak semata-mata mendasarkan pada informasi yang relevan, terkadang menggunakan perasaannya (*feel*) dan instingnya sebagai dasar pertimbangan, sehingga banyak yang mengatakan bahwa *professional judgement* merupakan suatu hal yang subjektif, artinya setiap geologiawan bisa memberikan pemahaman dan persepsi yang berbeda terhadap satu hal yang sama. Namun, melalui kesadaran bahwa manusia diciptakan memiliki suatu sifat yang kompleks tidak hanya semata-mata dengan akal pikiran tetapi unsur perasaan, insting dan karakter, serta pengalaman manusia itu sendiri cukup berperan dalam proses pembentukan suatu keputusan profesional judgement yang mendekati kebenaran.

2.2. PENYELIDIKAN 1992: PETA REKOMENDASI GEOLOGI TATA LINGKUNGAN UNTUK TATA LGUNA LAHAN

Penyusunan peta geologi tata lingkungan ini merupakan yang pertama dilakukan berkaitan dengan wilayah Cekungan Bandung. Dilaksanakan mulai bulan Maret 1989 dengan tema proyek “Geologi Tata Lingkungan untuk Tata Guna Lahan dan Perencanaan Wilayah” (Gambar 2), yang diluncurkan dalam kerangka kerjasama teknis antara Republik Federal Jerman dan Republik Indonesia. Proyek ini dilaksanakan bersama oleh BGR (*Federal Institute for Geosciences and Natural Resources*) dan DGTL (Direktorat Geologi Lingkungan) dengan kode CTA 108. Penyelidikan ini berlangsung selama empat tahun untuk memberikan dukungan kepada DGTL sehingga pada akhirnya akan mampu menghasilkan peta geologi lingkungan untuk dimanfaatkan pemerintah daerah dalam rangka memberi pertimbangan informasi geologi pada umumnya dan rekomendasi geologi lingkungan untuk tata guna lahan dan perencanaan wilayah.

Bantuan Pemerintah Jerman ini dilatarbelakangi karena melihat di negara berkembang seperti Indonesia, data yang diperlukan tentang lingkungan alam dan

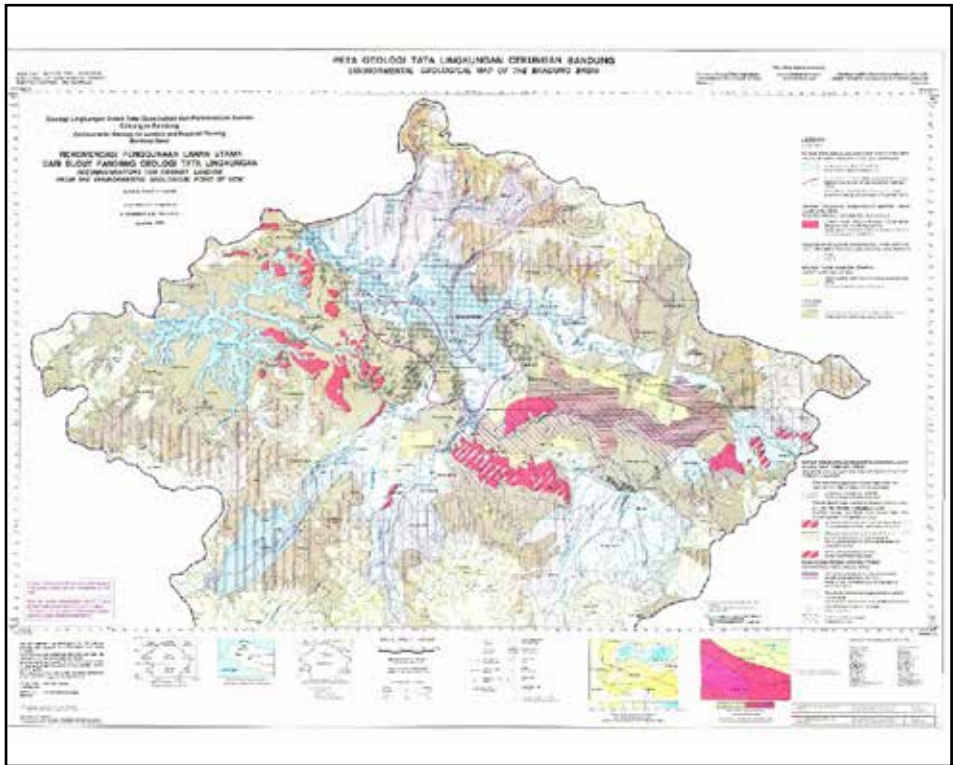
sumber daya geologi, yang menjadi dasar tata guna lahan dan perencanaan wilayah, seringkali tidak ada. Tuntutan yang bersaing untuk penggunaan lahan pedesaan, misalnya penambangan, konstruksi bangunan, industri dan rumah, hanya dapat dinilai secara memuaskan jika personel yang berkualifikasi menyusun data yang diperlukan.

Pilihan wilayah Cekungan Bandung didasarkan pada meningkatnya permintaan akan sumber daya alam di wilayah metropolitan Bandung, yang disebabkan oleh populasi yang meningkat pesat dan ekonomi yang berkembang, sumber daya ini cenderung digunakan secara berlebihan sehingga eksploitasi pun juga dilakukan secara berlebihan. Permasalahan tersebut diperparah oleh bencana alam yang rawan terjadi di daerah ini, seperti gunung berapi aktif, tanah longsor, gempa bumi, dan curah hujan yang tinggi.

Peta geologi tata lingkungan Cekungan Bandung berskala 1 : 100.000 ini disusun ketika mulai berkembang Sistem Informasi Geografi (SIG/GIS), sehingga cukup membantu dalam membuat peta tematik dalam bentuk data spasial, terutama jika sebelumnya belum mempunyai data spasial. Misalkan, jika sumber data awalnya berupa raster seperti Citra Satellite, Foto Udara, Peta Rupa Bumi Indonesia atau peta lainnya yang memiliki informasi koordinat, maka dapat membuat data spasialnya dengan melakukan digitasi terhadap data raster tersebut. Digitasi secara umum dapat didefinisikan sebagai proses konversi data analog ke dalam format digital. Objek-objek tertentu seperti jalan, rumah, sawah dan lain-lain yang sebelumnya dalam format raster maka menjadi objek-objek vektor. Pada sebuah citra satelit resolusi tinggi dapat diubah kedalam format digital dengan proses digitasi.

Proses digitasi pada saat itu secara umum dibagi dalam dua macam: 1) Digitasi menggunakan digitizer (zaman dulu tetapi kini hampir tidak lagi). Dalam proses digitasi ini memerlukan sebuah meja digitasi atau digitizer. 2) Digitasi *onscreen* di layar monitor. Digitasi *onscreen* paling sering dilakukan karena lebih mudah dilakukan, tidak memerlukan tambahan peralatan lainnya, dan lebih mudah untuk dikoreksi apabila terjadi kesalahan. Digitasi *onscreen* biasanya dilakukan pada/dibantu oleh suatu *base-layer* yang punya referensi spasial, misalnya citra satelit. Walaupun pada saat itu Sistem Informasi Geografi (SIG) masih dirasa sulit, namun dibandingkan dengan menggunakan kertas kalkir jauh lebih informatif karena SIG tidak hanya menampilkan informasi lokasi, melainkan juga tentang berbagai fenomena geografis yang terjadi di suatu wilayah. Selain itu, peta akan mudah diubah dan diakses sesuai dengan data yang ada.

Kelebihan penggambaran menggunakan SIG dibandingkan penggambaran konvensional dengan menggunakan kertas kalkir jauh lebih informatif karena dalam penyusunan laporan akhir hasil SIG dapat menampilkan seluruh peta tematik sesuai permintaan para ahli sebagai dasar analisis/sintesis geologi lingkungan. Peta tematik yang dimaksud dapat menyangkut masalah air permukaan, air tanah, sumber daya mineral (bahan baku konstruksi, mineral industri), geologi teknik, pembuangan limbah, pertanian dan kehutanan, kendala geologi, dan kendala alam lainnya (misalnya daerah rawan penggunaan lahan, bangunan tanah yang tidak sesuai,



Gambar 2.2. Peta Rekomendasi Penggunaan Lahan dari sudut pandang Geologi Tata Lingkungan wilayah Cekungan Bandung yang diterbitkan pada 1992.

semburan lumpur vulkanik, daerah rawan banjir), dan data lainnya yang dibutuhkan dalam analisis geologi lingkungan.

Informasi yang terkandung dalam peta tematik disintesis dalam apa yang disebut sebagai peta rekomendasi. Yang menarik dalam peta tersebut adalah merekomendasikan pada tata guna lahan yang tumpang tindih, yang menyebabkan terjadinya konflik kepentingan. Dalam kasus ini, peta ini memberikan urutan prioritas penggunaan lahan berdasarkan prinsip-prinsip geologi lingkungan. Aspek manajemen sumber daya dan tren pembangunan daerah di masa depan juga dipertimbangkan. Peta rekomendasi ini disusun berdasarkan fakta saat itu, didasarkan pada interaksi antara kebutuhan sumberdaya dan perencanaan wilayah yang bersifat dinamis.

Hal yang perlu diperhatikan dalam bab penutup pada buku laporan geologi lingkungan ini adalah menyarankan untuk melakukan evaluasi terhadap peta tematik dan rekomendasi geologi lingkungan secara berkala dan berkesinambungan setidaknya setiap 5 tahun sekali atau sesuai dengan kebutuhan revisi rencana tata ruang.

2.3. PENYELIDIKAN 2005: PETA KELELUASAAN PENGGUNAAN LAHAN PERMUKIMAN BERDASARKAN ASPEK GEOLOGI LINGKUNGAN

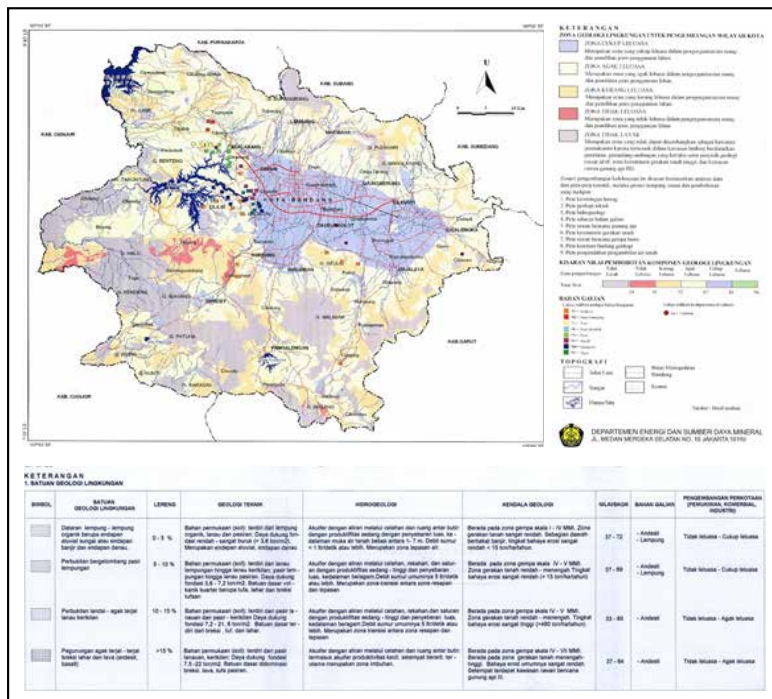
Penyusunan peta geologi lingkungan yang dilakukan pada periode 2005, dapat dikatakan sebagai pelaksanaan amanat dari hasil pemetaan geologi tata lingkungan 1995, yang mengatakan bahwa penyelidikan geologi lingkungan memiliki sifat dinamis karena berhubungan dengan perubahan lingkungan hidup akibat pemanfaatan lahan dan sumberdaya alam oleh manusia, sehingga setiap 5 tahun informasi geologi lingkungan perlu dilakukan updating untuk memenuhi kebutuhan data yang uptodate dalam penyusunan perencanaan tata ruang dan pengelolaan lingkungan hidup.

Penyusunan peta geologi lingkungan ini mencoba menggabungkan model dua peta geologi lingkungan sebelumnya seperti yang dijelaskan di atas (peta geologi lingkungan 1990 dan 1992) dan dipetakan pada skala yang lebih besar yaitu pada skala 1 : 50.000 dengan menggunakan metode pembobotan dan skoring karena pada saat itu penggunaan Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat dengan mudah melakukan analisis atau sintesis, yaitu dengan cara tumpang susun (*superinpose*) setelah data tematik diberi angka intensitas dan bobot pada masing-masing komponen daya dukung dan kendala geologi yang dibutuhkan dalam analisis geologi lingkungan. Besarnya angka intensitas dan bobot ditentukan berdasarkan tingkat kepentingan jenis penggunaan lahan dalam lingkup pembangunan wilayah perkotaan, seperti untuk penggunaan lahan pemukiman, industri, perdagangan/jasa, kelayakan TPA sampah, dan lain sebagainya. Semakin penting suatu parameter untuk penggunaan lahan tertentu maka bobotnya akan semakin besar, sebaliknya semakin kurang penting suatu parameter maka bobotnya semakin kecil.

Hasil analisis dan sintesis komponen geologi lingkungan yang ditentukan berdasarkan total skor, yaitu berdasarkan penjumlahan seluruh nilai parameter geologi lingkungan akan diperoleh nilai tertinggi dan nilai terendah, yang diwujudkan dalam bentuk peringkat keleluasaan pengembangan wilayah, yakni peringkat leluasa, cukup leluasa, agak leluasa, kurang leluasa, dan tidak leluasa, (lihat Gambar 2.3). Peringkat keleluasaan yang dimaksud adalah menggambarkan tingkat kesulitan dalam pengorganisasian ruang untuk alokasi kegiatan maupun pemilihan jenis penggunaan lahan. Semakin tinggi keleluasaannya, semakin dominan daya dukung geologi yang dimilikinya, sebaliknya semakin rendah keleluasaannya, semakin dominan kendala geologi yang dimilikinya.

Berdasarkan peringkat keleluasaan tersebut dapat digunakan untuk melakukan evaluasi penggunaan lahan dan pengelolaan lingkungan suatu wilayah atau kawasan. Hasil evaluasi akan menjadi dasar rekomendasi berdasarkan aspek geologi lingkungan untuk penataan ruang pada skala RTRW. Bentuk rekomendasi dapat berupa tindakan langsung untuk melakukan pengelolaan lingkungan, juga dapat berupa saran-saran untuk melakukan penyusunan RDTR dan penetapan Peraturan zonasi bagi kawasan yang memiliki sensitivitas bila di dimanfaatkan untuk berbagai peruntukan lahan atau dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan atau terhadap manusia yang akan memanfaatkannya.

Gambar 2.3.
Peta Geologi
Lingkungan
Metropolitan
Bandung (
disusun oleh
Indra Badri, drr.,
2005).



Metode tersebut di atas digunakan, karena ditunjang dengan perkembangan teknologi komputer dalam bidang pemetaan ini lebih dikenal dengan istilah *Sistem Informasi Geografis* atau disingkat SIG. Pengertian SIG adalah suatu sistem informasi yang mampu mengelola atau mengolah informasi yang terkait atau memiliki rujukan ruang atau tempat di permukaan bumi dengan menggunakan perangkat komputer. Pengertian tersebut dengan tegas menyebutkan bahwa sistem komputer sebagai bagian yang tak terpisahkan dari SIG, baik hardware maupun softwarenya, sehingga SIG tidak sekedar sistem, tetapi juga sebagai teknologi. Inovasi SIG ini tentunya telah menghasilkan berbagai peta dengan tampilan yang lebih menarik, akurat, dan cepat dalam proses penggambaran dan telah memenuhi berbagai kebutuhan analisis dan sintesis yang semakin meningkat jumlahnya.

2.4. PENYELIDIKAN 2019: PETA KELELUASAAN PENGGUNAAN LAHAN PERMUKIMAN BERDASARKAN ASPEK GEOLOGI LINGKUNGAN

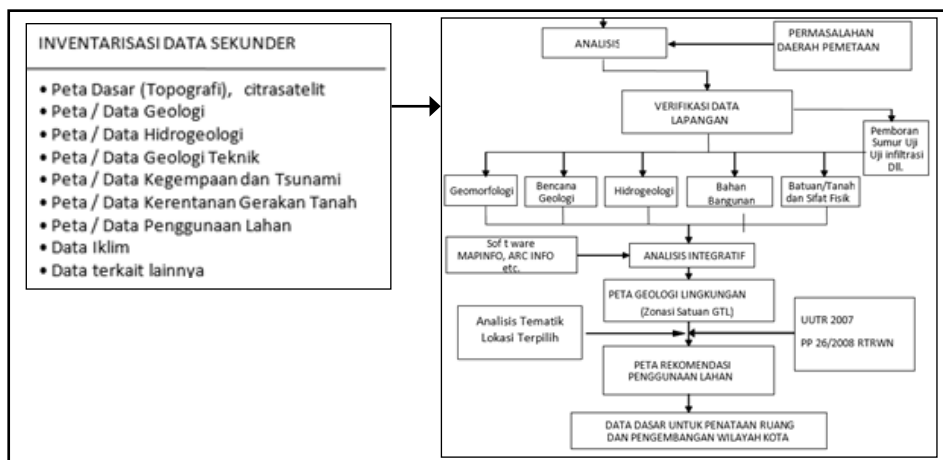
Terakhir pada 2019, Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral melakukan pemetaan geologi lingkungan di Kawasan Cekungan Bandung Provinsi Jawa Barat pada skala 1 : 50.000 berkaitan dengan terbitnya Peraturan Presiden Nomor 45 Tahun 2018 Tentang Rencana Tata Ruang Kawasan Perkotaan Cekungan Bandung. Terbitnya perpres tersebut dilatarbelakangi terbitnya Peraturan Pemerintah No. 13 Tahun 2017

yang kemudian ditetapkan dengan Peraturan Presiden No. 45 Tahun 2018 adalah karena Pemerintah Pusat mempunyai Visi 2037 untuk Kawasan Perkotaan Cekungan Bandung, yaitu, “Mewujudkan Kawasan Perkotaan Cekungan Bandung yang berkelas dunia sebagai pusat kebudayaan, pusat pariwisata, pusat kegiatan jasa dan ekonomi kreatif nasional berbasis pendidikan tinggi dan industri berteknologi tinggi, berdaya saing dan ramah lingkungan.”

Dilain pihak, isu strategis kawasan perkotaan Cekungan Bandung yang sebagian besar berada pada dataran tinggi yaitu berkembangnya permukiman yang begitu pesat di pusat-pusat perkotaan telah menyebabkan terjadinya penurunan daya dukung lingkungan seperti terjadinya banjir akibat buruknya drainase, run off air yang tidak terserap, kapasitas Sungai Citarum yang terbatas menampung run off air, dan degradasi kawasan hutan, serta munculnya berbagai isu di masyarakat terkait bahaya geologi seperti penurunan tanah di Gedebage dan sekitarnya dan bergejolaknya isu nasional terkait Sesar Lembang yang diprediksi akan terjadi gempa besar yang akan berpengaruh terhadap wilayah perkotaan di Cekungan Bandung. Hal ini perlu diantisipasi dengan cara membatasi dan mengatur perkembangan kawasan perkotaan, infrastruktur transportasi, dan pertumbuhan penduduk yang terpusat di pusat-pusat perkotaan khususnya Kota Bandung, Kota Cimahi, dan Urban Sprawl. Pembatasan perkembangan di pusat-pusat perkotaan tersebut tentunya memerlukan wilayah pendukung yang lebih luas agar ekologi kawasan pusat-pusat perkotaan tersebut lebih baik dan berkelanjutan.

2.4.1. Tahapan dan Metode Analisis Geologi Lingkungan

Tahapan penyelidikan geologi lingkungan untuk pengembangan wilayah dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut ini



Gambar 2.4. Tahapan sintesis geologi lingkungan dalam pengembangan wilayah

Metode analisis geologi lingkungan untuk permukiman yang digunakan tidak terlalu berbeda dengan metode analisis geologi lingkungan pada 2005, hanya sedikit modifikasi sesuai kebutuhan analisis, yaitu menggunakan pembobotan dan tumpang susun antara komponen-komponen sumber daya geologi (Tabel 2.1), komponen kendala geologi (Tabel 2.2), faktor penyisih geologi (Tabel 2.3), dan faktor penyisih non geologi (Tabel 2.4). Dalam proses tumpang susun faktor penyisih baik geologi maupun non geologi digolongkan sebagai faktor perendah.

Tabel 2.1. Penilaian komponen sumberdaya geologi

No.	Komponen	Bobot	Kisaran	Kelas	Nilai	Skor
1	(Ketersediaan air tanah untuk memenuhi kebutuhan air bersih)	14	Tinggi	Baik	3	42
			Sedang	Sedang	2	28
			Rendah	Buruk	1	14
2	Morfologi (untuk kemudahan konstruksi dan aksesibilitas)	8	Datar (0 – 5%)	Baik	3	24
			Landai (5 – 15%)	Sedang	2	16
			Terjal (>15%)	Buruk	1	8
3	Daya dukung tanah batuan (untuk fondasi)	2	Tinggi	Baik	3	6
			Sedang	Sedang	2	4
			Rendah	Buruk	1	2

Tabel 2.2. Penilaian komponen bahaya geologi

No	Komponen	Bobot	Kisaran	Kelas	Nilai	Skor	Keterangan
1.	Gempabumi (menggangu stabilitas konstruksi)	-4	Sangat rendah	Baik	0	0	
			Rendah				
			Menengah	Sedang	1	-4	
			Tinggi	Buruk	2	-8	
2.	Tsunami (Potensi Landaan) (terkait dengan kerusakan lahan, bangunan, dan konstruksi)	-3	Tidak Berpotensi	Baik	0	0	Kejadian potensi tsunami rendah
			Rendah	Baik	0	0	
			Menengah	Sedang	1	-3	
			Tinggi	Buruk	2	-6	
3.	Kerentanan gerakan tanah (terkait dengan kemandapan konstruksi)	-2	Sangat rendah	Baik	0	0	
			Rendah	Sedang	1	-2	
			Menengah	Buruk	2	-4	

4.	Gunungapi (terkait dengan kerusakan lahan dan bangunan)	-1	Aman	Baik	0	0	Tidak ada gunung api
			KRB I	Sedang	1	-1	
			KRB II	Buruk	2	-2	
5.	Lahan Basah / Rawa	-2	Kering	Baik	0	0	
			basah	Buruk	1	-2	
6.	Kerapatan Sungai (terkait dengan pembangunan infrastruktur)	-2	Rendah (<km/km ²)	Baik	0	0	
			Sedang (km/km ²)	Sedang	1	-2	
			Tinggi (> km/km ²)	Buruk	2	-4	

Tabel 2.3. Penilaian komponen penyisih geologi

No	Komponen	Kriteria	Kelas	Keterangan
1.	Zona sesar aktif	Jarak < 25 meter	Tidak Layak	Berkaitan dengan faktor keamanan
2.	Bahaya gunungaapi	Kawasan Rawan III	Tidak Layak	
3.	Kerentanan gerakan tanah	Kerentanan Tinggi	Tidak Layak	

Tabel 2.4. Penilaian dari komponen penyisih geologi

No	Komponen	Kriteria	Kelas	Keterangan
1	Kawasan lindung	Dalam Kawasan Lindung	Tidak Layak	Berkaitan dengan peraturan dan perundang-undangan
2	Rawan Banjir	Area terdampak banjir	Kesesuaian rendah	Berkaitan dengan faktor ekonomi, kesehatan, dan kenyamanan

Besarnya bobot dan nilai ditentukan oleh tingkat kepentingan masing-masing parameter terhadap tujuan kesesuaian lahan. Skor adalah hasil perkalian antara bobot dan nilai. Selanjutnya dapat diketahui jumlah skor dari seluruh parameter dan selanjutnya dibuat interval berdasarkan skor untuk mengetahui peringkat keleluasaan penggunaan lahan. Adapun interval skor tersebut dibuat dengan menggunakan rumus (1):

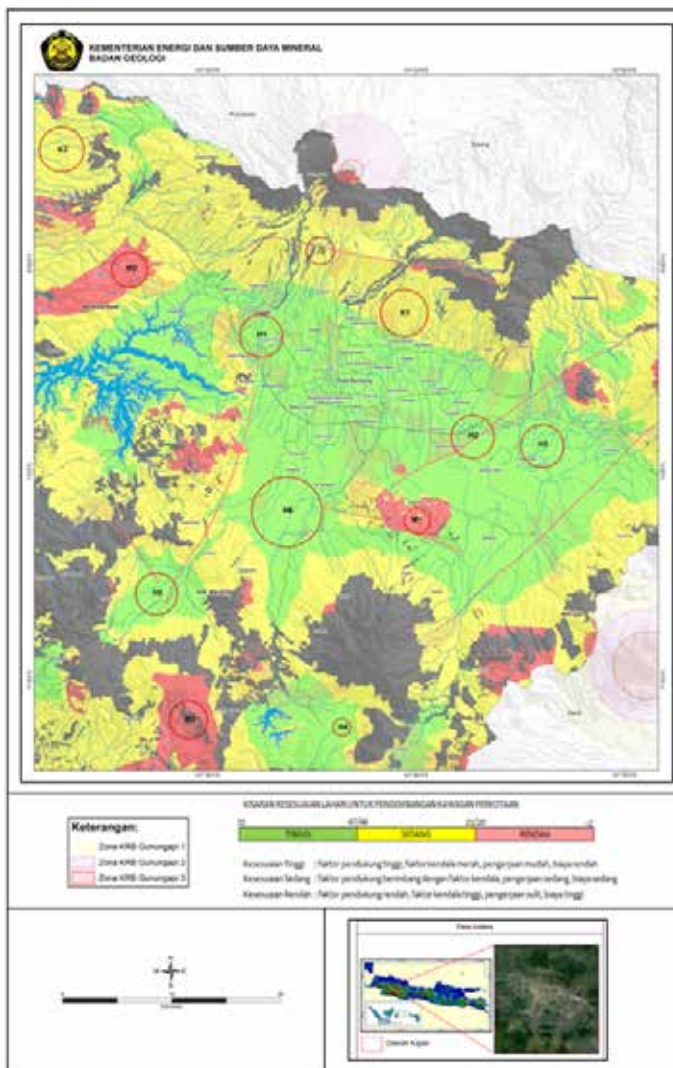
$$\frac{\text{Nilai Max} - \text{Nilai Min}}{3}$$

Berdasarkan rumus (1), diperoleh nilai tertinggi berkisar 72, nilai terendah berkisar -2, kemudian diperoleh rata-rata 24,66 (≈ 25). Dari kisaran tersebut dapat

ditentukan klasifikasi peringkat keleluasaan penggunaan lahan beraspek geologi lingkungan sebanyak tiga zona, yakni zona leluasa, zona cukup leluasa, dan zona kurang leluasa yang disejikan pada tabel 2.6 di bawah ini.

Tabel 2.6. Klasifikasi Keleluasaan Penggunaan Lahan untuk permukiman berdasarkan Aspek Geologi Lingkungan

Kelas Penggunaan Lahan	Kisaran Skor Total
Zona Leluasa Penggunaan Lahan	47-72
Zona Agak Leluasa Penggunaan Lahan	21 - 46
Zona Tidak Leluasa Penggunaan Lahan	< 21



Gambar 2.6. Peta Keleluasaan Penggunaan Lahan Permukiman berdasarkan aspek Geologi Lingkungan di Wilayah Cekungan Bandung.

Berdasarkan analisis/sintesis tumpang susun (*superimpuse*) peta-peta tematik yang meliputi peta sumber daya geologi, peta bahaya geologi, peta bahaya non geologi, dan peta komponen penyisih, dihasilkan peta peringkat kekeluasaan penggunaan lahan berdasarkan aspek geologi lingkungan wilayah Cekungan Bandung seperti terlihat pada Gambar 2.5. Lingkaran-lingkaran merah pada peta geologi lingkungan menunjukkan zona-zona yang perlu di tindaklanjuti melakukan pengelolaan lingkungan atau penelitian geologi lingkungan detail yang bermanfaat bagi penyusunan rencana detail tata ruang (RDTR).

Berdasarkan Gambar 2.6 di atas, diketahui bahwa peringkat kekeluasaan pemanfaatan ruang wilayah Cekungan Bandung didominasi oleh peringkat kekeluasaan tinggi dan sedang. Sementara itu peringkat kekeluasaan rendah hanya menempati lahan yang relatif sedikit dan terpisah secara soliter. Adapun deskripsi dari masing-masing peringkat kekeluasaan dijelaskan sebagai berikut:

- **Peringkat Kekeluasaan Tinggi**, sebagian besar berada di bagian tengah daerah kajian, sebagian kecil di bagian utara dan selatan daerah kajian. Meliputi seluruh Wilayah Kabupaten Bandung, Kota Cimahi (kecuali Cimahi Selatan), Kabupaten Bandung Bagian Utara dan sedikit di Bagian Barat (Sebagian Ciwidey dan Rancabali), Kabupaten Bandung Barat Bagian Timur dan sedikit di Bagian Utara. Komponen geologi penting yang berpengaruh signifikan adalah kondisi bentang alam yang datar dan potensi air tanah yang berlimpah terutama potensi airtanah produktif tinggi dengan penyebaran luas, produktif sedang dengan penyebaran luas, dan setempat produktif di bagian tengah, utara, dan selatan daerah kajian. Selain itu terdapat potensi air permukaan.
- **Peringkat Kekeluasaan Sedang**, tersebar menyerupai wilayah perifer Wilayah Peringkat Kekeluasaan Tinggi. Di Bagian Utara meliputi Sumedang Selatan Bagian Barat, Lembang, Cimenyan, Cisarua, Cikalong Wetan, dan Cipendeuy. Sedangkan di Bagian Selatan meliputi Nagreg, Paseh, Ibum, Ciparay, Banjaran, Cililin, Soreang, sebagian Rancabali dan Ciwidey, Pasir Jambu, dan Pangalengan. Komponen geologi penting yang berpengaruh signifikan adalah kondisi bentang alam yang relatif curam, kekuatan batuan, produktifitas air tanah yang umumnya produktifitas sedang, produktif kecil, dan produktif setempat, serta zona rawan gerakan tanah sedang.
- **Peringkat Kekeluasaan Rendah**, tersebar cukup signifikan dan setempat-setempat. Di Kabupaten Sumedang meliputi setempat di daerah: Cikeruh, Tanjungsari, Cimanggung, Pemulihan. Di Kabupaten Bandung meliputi setempat daerah: Ibum, Pacet, Cimaung, Pangalengan, Rancabali, Ciwidey, Cihampelas, Baleendah, Pacet, Cimenyan, dan Cilengkrang. Di Kabupaten Bandung Barat meliputi setempat di daerah: Cipatat, Cipendeuy, Batujajar, Cililin, Sindangkerta, dan Cikalong Wetan.

Komponen geologi penting yang berpengaruh signifikan adalah kondisi bentang alam yang terjal, produktifitas air tanah yang air tanah langka.

Pemerian setiap satuan peta kesesuaian lahan dapat dilihat pada Tabel 2.5. Pemerian pada matrik tersebut, terdiri atas: (1) ciri-ciri geologi yang meliputi






keadaan morfologi dan kemiringan lereng, sifat fisik dan keteknikan batuan/tanah, dan sumber daya air; (2) Bahaya geologi meliputi gerakan tanah dan erosi, bahaya banjir, intrusi air laut; dan penggunaan lahan eksisting.

2.4.2. Rekomendasi Geologi Tata Lingkungan 2019

Peraturan Presiden Nomor 45 Tahun 2018 tentang Rencana Tata Ruang Kawasan Perkotaan Cekungan Bandung membagi Cekungan Bandung menjadi 2 kawasan, yaitu Kawasan Perkotaan Inti meliputi Kota Bandung dan Kota Cimahi. dan Kawasan Perkotaan di sekitarnya meliputi: Kawasan Perkotaan Lembang di Kab. Bandung Barat, Kawasan Perkotaan Soreang-Kutawaringin-Katapang dan Kawasan Perkotaan Baleendah-Dayeuhkolot-Bojongsoang di Kab. Bandung, serta Kawasan Perkotaan Jatinangor-Tanjungsari di Kabupaten Sumedang. Selain itu terdapat Rencana Pengembangan Kawasan Terpadu Pemukiman Tegal Luar.

Peringkat keleluasaan lahan tinggi untuk permukiman memang sangat signifikan di kawasan perencanaan tersebut. Namun perlu diingat bahwa pada keleluasaan tinggi ini, sebagian besar adalah wilayah terbangun. Khususnya di Kota Bandung, pemanfaatan lahan sebagai kawasan permukiman dan perkantoran kurang memungkinkan lagi dibangun secara horizontal disebabkan oleh sangat sedikitnya lahan yang kosong. Sedangkan untuk Rencana Kawasan Permukiman seperti Baleendah-Dayeuhkolot-Bojongsoang dan Rencana Pengembangan Kawasan Terpadu Permukiman Tegal Luar memiliki kendala dalam hal daya dukung, seperti kondisi tanah lunak, banjir, maupun ketersediaan air tanah pada sebagian wilayah. Faktor lain yang harus diperhatikan dalam pengembangan kawasan wilayah adalah faktor bahaya geologi berupa penurunan tanah, gerakan tanah, erupsi gunungapi, dan gempa bumi.

Tabel 2.5. Pemerian kesesuaian lahan permukiman berdasarkan faktor pendukung dan faktor kendala di wilayah Cekungan Bandung

SIMBOL	KESESUAIAN LAHAN	DAYA DUKUNG GEOLOGI		KENDALA GEOLOGI			PENGGUNAAN LAHAN EKSTING DOMINAN	
		AIR TANAH	BENTUK PERMUKAAN BUMI & KEMIRINGAN LERENG	JENIS BATUAN & DAYA DUKUNG PONDASI	KEBERANCAHAN GEOLOGI	KERAPATAN SUNGAI		LAHAN BASAH
	Tinggi (93.413,84 ha)	<ul style="list-style-type: none"> - Ketersediaan air tanah sedang sampai tinggi - Umumnya muka air tanah dangkal < 5 m - Debit air 5 – 10 liter/detik - Kualitas air tanah baik. 	<ul style="list-style-type: none"> - Datar - Kemiringan lereng < 5 % 	<ul style="list-style-type: none"> - Tuff berbatu apung dan batuan gunungapi tua dengan daya dukung pondasi rendah sampai tinggi. 	<ul style="list-style-type: none"> - Kerentanan gerakan tanah sangat rendah hingga rendah - Gempa bumi skala > VII MMI - Potensi banjir sekitar aliran Sungai Citarum. 	Rendah - Sedang	Ada	<ul style="list-style-type: none"> - Permukiman - Industri - Sawah - Kebun/Perkebunan - Ladang/Tegalan - Hutan - Semak/Bekau - Tambak/Empang - Sungai/Danau
	Sedang (134.445,46 ha)	<ul style="list-style-type: none"> - Ketersediaan air tanah rendah - sedang - Umumnya muka air tanah agak dalam – dalam 5 – 10 m - Debit air sekitar 5 – 10 liter/detik - Kualitas air tanah baik 	<ul style="list-style-type: none"> - Landai sampai terjal - Kemiringan lereng 5 - >15 % 	<ul style="list-style-type: none"> - Batuan gunungapi tua dan muda dengan daya dukung pondasi sedang hingga tinggi. 	<ul style="list-style-type: none"> - Kerentanan gerakan tanah sedang - tinggi - Gempa bumi skala >VII MMI 	Sedang - Tinggi	-	<ul style="list-style-type: none"> - Permukiman - Industri - Sawah - Kebun/Perkebunan - Ladang/Tegalan - Hutan - Semak/Bekau - Tambak/Empang - Sungai/Danau
	Rendah (28.200,24 ha)	<ul style="list-style-type: none"> - Ketersediaan air tanah rendah - Muka air tanah dalam. 	<ul style="list-style-type: none"> - Terjal - Kemiringan lereng umumnya > 15 % 	<ul style="list-style-type: none"> - Batuan gunungapi tua dan batugamping dengan daya dukung pondasi tinggi. 	<ul style="list-style-type: none"> - Kerentanan gerakan tanah sedang - tinggi - Gempa bumi sedang, skala VII – VIII MMI 	Sedang - Tinggi	-	<ul style="list-style-type: none"> - Permukiman - Industri - Sawah - Kebun/Perkebunan - Ladang/Tegalan - Hutan - Semak/Bekau - Tambak/Empang - Sungai/Danau
	Jalur Seisar							
	Hutan Lindung, daerah dengan potensi bencana yang tinggi dan juga daerah sempadan struktur geologi, sempadan waduk/danau, dan sempadan sungai							

Tidak dapat dipungkiri bahwa perkembangan wilayah perkotaan di Cekungan Bandung dipicu oleh bertambahnya jumlah penduduk baik karena faktor alami (kelahiran) maupun melalui perpindahan penduduk. Kondisi ini memberi dampak terhadap meningkatnya kebutuhan lahan, kebutuhan pangan, dan juga timbulnya kebutuhan tersier lainnya. Kebutuhan lahan tersebut meliputi areal untuk tempat tinggal, kawasan industri, perkantoran, dan jasa yang mengiringi fenomena pertumbuhan sebuah kota metropolitan.

Masalah yang timbul dari perkembangan perkotaan di Cekungan Bandung adalah keterbatasan lahan, menyebabkan banyak bangunan yang didirikan pada lokasi yang tidak sesuai, seperti berada pada wilayah dengan tingkat kerawanan bencana alam berespek geologi yang tinggi, baik terhadap manusia maupun terhadap alam itu sendiri seperti berada pada jalur sesar aktif, zona kerantanan gerakan tanah tinggi, daerah dengan kemampuan meresapkan air yang tinggi, dan lain sebagainya. Oleh sebab itu, perkembangan yang tidak sesuai peruntukannya tersebut perlu diwaspadai dan dicarikan solusi terbaik agar dampak negatif yang mengakibatkan kerugian material dan korban manusia dapat dihindari melalui program mitigasi.

Beberapa rekomendasi aspek geologi lingkungan sebagaimana di maksud pada peta geologi lingkungan Cekungan Bandung (Gambar 2.6), sebagai berikut:

1. Wilayah H1

Berada pada kawasan inti perkotaan Kota Cimahi. Untuk pengembangan wilayah perlu diperhatikan ketersediaan air karena pada beberapa tempat termasuk wilayah krisis air sehingga diperlukan alternatif pemenuhan kebutuhan air dari sumber air permukaan.

2. Wilayah H2

Daerah ini termasuk dalam kawasan pengembangan Kota Baleendah-Dayeuhkolot-Bojongsong, termasuk Rencana Pengembangan Kawasan Terpadu Pemukiman Tegal Luar. Faktor sumber daya yaitu: ketersediaan air tanah setempat kurang, daya dukung tanah berdasarkan konsistensi tanah lempung kedalaman 1 – 10 m sangat lunak (nilai tahanan ujung (q_c) < 5 kg/cm²), serta rawan banjir. Olehnya itu, untuk pengembangan daerah ini menjadi Kawasan Kota Terpadu sebaiknya dilakukan kajian teknis dengan skala yang detail. Untuk menghindari terjadinya perosokan tanah (settlement) sebaiknya pondasi bangunan infrastruktur vital diletakkan pada tanah yang memiliki nilai $q_c > 30$ kg/cm. Untuk pengendalian banjir dilakukan pembangunan pond/danau retensi. Berdasarkan mikrozonasi daerah ini termasuk pada Kelas E ($V_s30 = 175$) yang memiliki kerentanan mengalami kerusakan wilayah yang parah jika terlanda gempabumi. Oleh karena itu disarankan untuk tidak membangun infrastruktur vital seperti bangunan pemerintahan, bangunan sekolah, dll. Jika tetap akan mendirikan bangunan harus memenuhi kaidah bangunan tahan gempa bumi. Pembangunan gedung dan non gedung harus disesuaikan SNI 1726-2012. Pembangunan sarana vital dan strategis harus dilakukan kajian geologi dan geoteknik. Bangunan yang sudah ada dan tidak sesuai SNI 1726-2012 sebaiknya dilakukan penguatan (*retro - fitting*).

3. Wilayah H3

Area ini berada di Daerah Rancaekek dan sekitarnya. Pada daerah ini berkembang industri dan pemukiman. Hal yang perlu diperhatikan adalah daerah ini termasuk daerah yang sering banjir. Untuk pengendalian banjir dilakukan pembangunan pond/danau retensi Untuk pengembangan industri perlu diperhatikan penempatan industri yang tidak memerlukan air dalam jumlah besar karena pada beberapa tempat ketersediaan air tanahnya rendah.

4. Wilayah H4

Berada di sekitar kawasan strategis PLTP Kawasan Gunung Wayang – Windu. Aktivitas masyarakat dan perusahaan perkebunan agar memperhatikan infrastruktur PLTP yang ada. Kawasan ini juga termasuk daerah resapan air, diharapkan bangunan perumahan atau pemukiman dapat disesuaikan sehingga tidak mengganggu fungsi daerah resapan air.

5. Wilayah H5

Area ini terletak di Daerah Ciwidey dan sekitarnya. Merupakan kawasan pengembangan industri jasa dan pariwisata, serta pertanian/perkebunan. Sebagian daerah ini termasuk daerah resapan air. Sebaiknya penempatan bangunan dan arah perkembangan pemukiman diselaraskan agar tidak mengganggu fungsi wilayah resapan air.

6. Wilayah H6

Terletak di Katapang dan sekitarnya. Dalam rencana pengembangan Kawasan Cekungan Bandung, daerah ini termasuk salah satu target pengembangan. Faktor pendukung dari aspek geologi memadai dan faktor perendah yang signifikan adalah banjir pada sebagian wilayah.

7. Wilayah K1

Daerah ini termasuk dalam kawasan pengembangan Kota Lembang dan sekitarnya. Lembang dan sekitarnya keseluruhannya termasuk dalam kesesuaian sedang. Sebagai daerah pengembangan industri jasa dan pariwisata hendaknya memperhatikan faktor ketersediaan air dimana kawasan ini umumnya sedang. Karena termasuk dalam zona resapan air, maka sebaiknya pendirian dan pengembangan kawasan pemukiman agar diselaraskan agar tidak mengganggu fungsi zona resapan. Penempatan dan pendirian bangunan agar disesuaikan dengan koefisien dasar bangunan sebesar 20% serta memperhatikan faktor fisik kawasan. Untuk kegiatan pertanian agar menerapkan kaidah teknik pertanian yang tidak memperbesar run off.

8. Wilayah K2

Terletak di daerah Cipeundeuy dan sekitarnya. Daerah yang masih sangat memungkinkan untuk dikembangkan, kawasan terbangun masih sangat sedikit. Akuifer tergolong produktif dan kadang setempat, sehingga diperlukan alternatif pemenuhan kebutuhan air dari sumber air permukaan.

9. Wilayah M1

Terletak di Daerah Baleendah dan sekitarnya. Di beberapa tempat adalah

penambangan andesit. Penambangan dilakukan agar mengikuti kaidah teknik penambangan yang sesuai agar tidak mengganggu kawasan pemukiman di sekitarnya. Untuk kegiatan pertanian agar menerapkan kaidah teknik pertanian yang tidak memperbesar *run off*.

10. Wilayah M2

Terletak di daerah Cipatat dan sekitarnya. Penggunaan lahan dominan eksisting saat ini adalah kawasan pertambangan, pertanian, dan pemukiman pedesaan. Pertambangan menjadi kawasan budidaya yang penting sebab sangat menunjang pembangunan fisik di kawasan Cekungan Bandung. Kondisi yang mungkin mengganggu adalah polusi debu akibat aktivitas penambangan, sehingga butuh penanganan lebih lanjut dalam hal teknik penambangan ataupun regulasi.

11. Wilayah M3

Kawasan ini berada di area Gunung Malabar. Penggunaan lahan eksisting adalah perkebunan. Agar kondisi lingkungan tetap terjaga sebaiknya tetap menggunakan teknik pertanian yang sesuai dan menjaga kawasan lindung yang ada.

12. Wilayah JS (Jalur Struktur/patahan)

Sepanjang 0 – 10 m kanan dan kiri bidang sesar hanya dapat digunakan sebagai ruang terbuka hijau. Pemanfaatan lahan pada 10 – 50 m kanan dan kiri bidang sesar apabila tetap akan dibangun maka membutuhkan studi geologi khusus dan geologi teknik serta mengikuti kaidah kode bangunan.

13. Hutan Lindung, daerah dengan potensi bencana yang tinggi dan juga daerah sempadan struktur geologi, sempadan waduk/danau, dan sempadan sungai. Pada daerah yang termasuk rawan bencana tinggi dapat dijadikan sebagai hutan lindung atau jenis hutan lainnya.

Dari awilayah tertentu yang direkomendasikan di atas terdapat beberapa catatan yang diharapkan menjadi tindak lanjut penyelidikan geologi lingkungan yang lebih detail. Adapun penyelidikan geologi lingkungan yang lebih detail tersebut, diantaranya:

1. Sebagai perkotaan inti, Kota Cimahi lebih diarahkan sebagai kawasan apa? Seperti diketahui pada beberapa tempat termasuk wilayah krisis air, olehnya itu arah pengembangan wilayah tentu saja harus disesuaikan dengan faktor pendukung sumber daya, termasuk ketersediaan air sebagai kebutuhan vital. Jika menggunakan alternatif sumber air permukaan, maka diperlukan data detail potensi, debit, dan kualitasnya. Dengan isu utama daerah krisis air tanah, apa saja yang telah dilakukan untuk menanggulangi dan unsur konservasi air tanah.
2. Pada kawasan pengembangan Kota Baleendah-Dayeuhkolot-Bojongsoang, yang direncanakan sebagai Pengembangan Kawasan Terpadu Pemukiman Tegal Luar, memiliki karakteristik tanah lunak, dengan potensi air tanah relatif kurang, dan termasuk daerah yang sering banjir. Untuk area pengembangannya apakah telah ada kajian khusus tentang kelayakan, daya dukung jika dikembangkan sebagai wilayah terpadu pemukiman. Terutama pemenuhan air baku dan daya dukung tanah ataupun batuan. Usaha pengendalian banjir dapat bersinergi dengan

memenuhi kebutuhan air baku, dimana dapat dibangun kolam-kolam retensi sebagai penampung air jika volume air meningkat. Air pada kolam tersebut dapat diolah menjadi sumber air baku. Apakah telah ada upaya pemerintah setempat untuk usaha pengendalian banjir dan pemenuhan air baku dengan membangun kolam retensi? Atau pun Langkah mitigasi dan adaptasi lainnya.

3. Membangun pada kondisi tanah lunak, membutuhkan perlakuan rekayasa Teknik khusus, tergantung fisik bangunan, apakah lantai satu, bertingkat, atau gedung tinggi. Apakah terdapat pengawasan pemerintah setempat seperti membuat persyaratan khusus bagi pihak pengembang guna menghindari terjadinya perosotan tanah di kemudian hari. Patut diingat, bahwa daerah ini dapat mengalami kerusakan jika terlanda gempa bumi.
4. Pada daerah Rancaekek berkembang industri dan pemukiman. Hal yang perlu diperhatikan adalah pemilihan jenis industri yang tidak membutuhkan air dalam jumlah banyak karena karakteristik wilayah dengan ketersediaan air tanah rendah. Namun, jika mengacu pada aturan yang ada, seharusnya industri menggunakan air permukaan sebagai bahan baku industri. Dengan demikian butuh pengawasan ketat sumber air yang digunakan oleh industri. Hal lainnya adalah bagaimana usaha pengendalian banjir di daerah ini. Langkah nyata apa yang telah terlihat dilakukan oleh pemerintah, dunia usaha, maupun masyarakat dalam penanggulangan banjir.
5. Pada daerah resapan perlu diperhatikan laju perubahan alih fungsi lahan. Dengan demikian pengendalian penggunaan lahan oleh pemerintah setempat perlu ditegaskan. Peruntukan lahan pada perencanaan ruang sudah tentu harus sesuai dengan karakteristik geologi baik dari segi kebencanaan dan sumberdaya.
6. Pada daerah resapan air ini seperti pada di Cekungan Bandung Bagian Selatan dan Bagian Utara sangat massif pertumbuhan industri jasa di bidang pariwisata. Aturan koefisien dasar bangunan seperti yang telah ditetapkan perlu diperhatikan pelaksanaannya. Hingga kembali upaya pengendalian penggunaan lahan harus dilakukan. Upaya nyata pemerintah terkait harus jelas terukur dan terdokumentasi sehingga dapat menjadi salah satu bentuk nyata perwujudan pembangunan yang nyaman dan berkelanjutan.
7. Pada daerah dengan kesesuaian lahan tinggi karena didukung oleh sumberdaya geologi yang memadai dan kebencanaan yang rendah, seperti di Daerah Katapang, diketahui bahwa daerah tersebut umumnya tutupan lahannya merupakan daerah perkebunan dan pertanian, diharapkan tidak terjadi alih fungsi lahan sehingga ketahanan pangan kawasan dapat terjaga. Perlu diperhatikan dan menerapkan tata cara pertanian yang baik, seperti memilah tanaman dan teknik pertanian sehingga tidak terjadi erosi tanah.
8. Pada kawasan pertambangan berdasarkan hasil analisis tumpang susun geologi lingkungan merupakan daerah yang tidak leluasa untuk pengembangan wilayah perkotaan. Hal ini disebabkan faktor sumber geologi dan faktor kebencanaan geologi yang tidak mendukung di wilayah-wilayah tersebut. Namun demikian, penambangan tetap butuh pengawasan terhadap good mining practices. Selain itu sempadan terhadap sumber-sumber air perlu diperhatikan.

Pertambangan menjadi salah satu sumber daya geologi yang penting terhadap pengembangan wilayah, selain menjadi bahan baku untuk membangun infrastruktur, khususnya jenis bahan galian batuan juga menjadi sumber penggerak ekonomi bagi masyarakat, meskipun jika diperhatikan sumbangan terhadap pendapatan asli daerah setempat tidak terlalu signifikan

9. Pada daerah-daerah yang tidak dimungkinkan untuk dikembangkan sebagai wilayah perkotaan, seperti pada jalur sesar/patahan, sempadan sesar dan hutan lindung sangat penting untuk diperhatikan jangan sampai masih dijadikan sebagai lokasi pengembangan untuk pemukiman, jasa, maupun peruntukan lainnya sehingga dapat membahayakan penduduk, dan mengganggu kelestarian alam dan keberlangsungan hidup seluruh organisme.

Diharapkan hasilnya penyelidikan rinci tersebut dapat diimplementasikan dalam pengelolaan lingkungan atau sebagai bahan dalam penyusunan Rencana Tata Ruang Detail (RDTR) dan Peraturan Zonasi (PZ).

BAB 3

TANGKUBANPARAHU ANAK GUNUNG SUNDA *LANDMARK* DI TINGGIAN CEKUNGAN BANDUNG UTARA

Kontributor:

Tantan Hidayat, Aris Dwi Nugroho, Melia,
dan Eep Ridwan Firdaus



B*andung di Lingkung Ku Gunung*, sebuah ungkapan orang Sunda sebagai pujian terhadap keindahan Cekungan Bandung yang berarti “Bandung Dikelilingi Jajaran Pegunungan”. Memang, boleh dibilang lebih dari 75% badan wilayah Cekungan Bandung dibangun oleh endapan-endapan asal gunungapi, bukan dari gunungapi Kuarter saja, tetapi dari gunung-gunungapi purba dari sekitar 20 juta tahun yang lalu, yang perlahan muncul dari bawah laut, ketika itu Pulau Jawa pun belum ada. Salah satu gunung yang fenomenal adalah Gunung Sunda Purba yang terdapat di Dataran Tinggi Cekungan Bandung bagian Utara. Mulanya di awal Kuarter Gunung Sunda adalah gunungapi yang sangat aktif yang pernah mengalami beberapa kali letusan dahsyat dan terakhir memunculkan Gunung Tangkubanparahu dan Gunung Burangrang sebagai dinding kalderanya. Kedua gunung tersebut menjadi *landmark* Dataran Tinggi Bandung Utara khususnya Gunung Tangkubanparahu yang memiliki bentuk unik seperti perahu yang terbalik, sehingga menjadi ikon wisata Jawa Barat, apalagi dikaitkan dengan legenda Sangkuriang menjadi tersohor di negeri nusantara hingga ke mancanegara. Selain kedua gunung tersebut, Gunung Sunda meninggalkan jejak patahan di permukaan bumi yang di kenal dengan sebutan “Sesar Lembang”. Sesar yang fenomenal ini selalu menjadi perbincangan menarik di antara ahli kebumian khususnya ahli geologi struktur. Tentunya jejak-jejak Gunung Sunda penting untuk dilindungi sebagai Cagar Alam Geologi agar kondisi alamiah warisan geologi yang spektakuler ini tidak hilang bahkan dapat dimanfaatkan sebagai laboratorium alam sekaligus objek geowisata.

Gunung Tangkubanparahu yang kita kenal sekarang ini berada di perbatasan Bandung Barat dengan Subang. Letaknya sekitar 30 km di utara kota Bandung melalui kota wisata Lembang. Berada pada ketinggian 2.084 meter di atas permukaan laut. Suhu rata-ratanya di siang hari adalah 17°C, sedangkan di malam hari mencapai 2°C. Meski termasuk gunung aktif, Tangkubanparahu cukup aman, walaupun sumber air panas dan gas belerang baunya sangat menyengat.

Untuk mencapainya Tangkubanparahu tersedia banyak transportasi publik yang cukup memadai untuk mengantarkannya. Wisatawan dengan mudah mencapai kawah Ratu Gunung Tangkubanparahu. Hanya saja kemungkinan mendapati kemacetan di jalan raya menjadi kendala, terlebih di hari libur. Sayangnya permasalahan ini belum terpecahkan oleh pemerintah daerah. Namun banyak tempat-tempat wisata dan kuliner disepanjang jalan bisa mengurangi rasa kesal dan lelah.

3.1. FENOMENA GEOLOGI

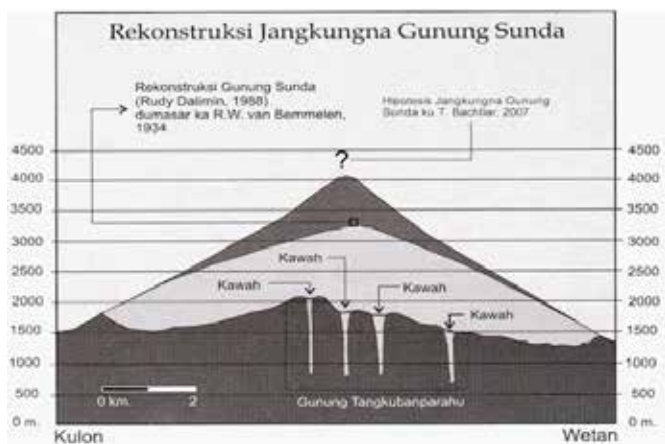
Kompleks kaldera Gunung Sunda dengan anaknya Gunung Tangkubanparahu menampilkan keindahan dan menyimpan sejarah bumi yang sangat panjang. Gunung ini mempunyai daya pikat dan pesona yang luar biasa sehingga terus mendapat perhatian. Kawasan ini bukan hanya memiliki keragaman bumi, melainkan juga keragaman hayati, baik flora maupun fauna. Macan tutul (*Panthera pardus sondaicus*) yang menjadi simbol fauna Jawa Barat pun masih terdapat disana. Mochamad Nugraha Kartadinata (MNK, 2005) telah mengkaji secara mendalam Gunung Tangkubanparahu dan Gunung Sunda. Data hasil kajiannya dijadikan dasar dalam tulisan ini.

Gunung Sunda (1.854 meter dpl) yang terdapat dalam peta, itu hanyalah kerucut kecil dalam rangkaian panjang kaldera Gunung Sunda. Gunung Sunda yang sebenarnya dibangun dengan dasar gunung selebar 20 km lebih, dengan ketinggian ±4.000 meter dpl. Sangat mungkin tinggi sesungguhnya lebih dari taksiran itu, (Gambar 13.1). Pada umumnya, gunung yang meletus hingga membentuk kaldera, menghancurkan dua pertiga tubuh gunungnya. Kalau saat ini titik tertinggi dari kaldera Gunung Sunda adalah 2.080 meter dpl. Artinya, tinggi gunung tersebut hanyalah satu pertiga bagian dari Gunung Sunda. Sebelum Gunung Sunda terbangun, di sana terdapat Gunung Jayagiri. Letusan-letusan pertamanya mengalirkan lava yang terjadi dalam rentang waktu antara 560.000-500.000 tahun yang lalu. Kemudian letusan-letusan yang mengambrukkan badan gunung ini hingga membentuk kaldera.

Tiga abad kemudian, dari dalam kaldera itu terjadi letusan yang membangun gunung baru, yaitu Gunung Sunda. Letusan dahsyat Gunung Sunda oleh Mochamad dibagi menjadi tiga episode letusan utama. Episode pertama berupa letusan-letusan yang mengalirkan lava, terjadi antara 210.000-128.000 tahun yang lalu. Episode kedua terjadi 13 unit letusan. Dalam satu unit letusan dapat terjadi lebih dari satu kali letusan besar. Episode ketiga berupa letusan-letusan yang mengambrukkan badan gunung ini hingga membentuk kaldera yang terjadi ±105.000 tahun yang lalu. Episode kedua letusan Gunung Sunda dibagi lagi menjadi tiga fase letusan. Pertama, fase plinian,

letusan dahsyat dengan tekanan gas yang sangat tinggi, sehingga melontarkan material sebanyak 1,96 km³ ke angkasa membentuk tiang letusan setinggi 20 km dengan payung letusan sepanjang 17,5 km, dan lebarnya 7 km.

Kedua fase freatomagmatik, letusan yang melontarkan awan debu dengan butiran-butiran kerikil gunungapi, volumenya 1,71 km³. Ketiga fase ignimbrit, yang terjadi ±105.000 tahun yang lalu, menurut penelitian Rudy Dalimin Hadisantono (1988), volume yang dilontarkannya 66 km³ yang mengarah ke barat laut, selatan, dan timur laut dari pusat letusan, menutupi kawasan seluas 200 km² dengan rata-rata ketebalan 40 meter, seperti dapat dilihat di Ciseupan, di Campaka, Cisarua, Kampung Manglayang, dan Cipeusing. Belum terhitung 40 persen dari total material gunungapi yang melayang-layang di angkasa dan jatuh di belahan bumi yang sangat jauh. Karena banyaknya material yang dikeluarkan, mengakibatkan ambruknya sebagian besar dari tubuh Gunung Sunda, membentuk kaldera seluas 6,5 x 7,5 km.



Gambar 3.1. Rekonstruksi ketinggian Gunung Sunda

Pada letusan dahsyat fase ketiga inilah material letusan Gunung Sunda dengan seketika mengubur apa saja yang ditimpanya. Hutan belantara terkubur bersamaan dengan makhluk hidup yang ada di dalamnya, seperti badak, rusa, kijang yang sedang berada di lembah Ci Tarum, jaraknya ±35 km dari pusat letusan (Umbgrove dan Stehn: 1929, R.W. van Bemmelen: 1936, Th. H.F. Klompe: 1956). Arang kayu seukuran drum yang melintang searah datangnya awan panas ditemukan di penggalian pasir Ciseupan, Cibeber, Kota Cimahi.

Kartadinata (2009) menyusun stratigrafi dari Gunung Sunda Purba dan Gunung Tangkubanparahu dari beberapa peneliti sebelumnya seperti pada Tabel 3.1. Satuan batuan tertua pada daerah ini adalah batuan sedimen tersier yang terdiri atas batu lempung berselingan dengan batu pasir. Satuan ini ditutupi oleh Satuan Vulkanik Pre-Sunda yang terdiri atas lava dan piroklastik. Kemudian di atas Satuan Vulkanik Pre-Sunda diendapkan Satuan Vulkanik Sunda Andesit berumur Pleistosen Bawah-Pleistosen Atas, Sunda Piroklastik berumur Akhir Pleistosen Atas, Tangkubanparahu Andesit berumur awal Holosen, dan Tangkubanparahu Piroklastik berumur akhir Holosen.

Tabel 3.1. Stratigrafi Komplek Gunung Sunda Purba yang terdiri atas Pra Sunda, Sunda, dan Tangkubanparahu. (Sumber: Kartadinata, 2009)

Umur	Erupsi Utama (Vol (km ³ DRE))	Erupsi Sedang	Volume total (km ³ DRE)	
		YT4-12		Tangkubanparahu
9.945±50 YBP	-----	YT3		
9.980±50 YBP	-----	YT2		
		YT1		
10.000 YBP	-----	OT27-30		
22.380±80 YBP	-----	OT26/Pf	4,37	
		OT24-25		
28,5 ka	OT23 (0,04)		4,37	
34 ka	OT22 (0,17)		4,33	
0,039±0,003 Ma 0,040±0,003 Ma	OT21 (0,04) — Lava (1,89)		4,16	
		OT20		
40.750±270 YBP	-----	OT18/Pf	1,86	
44,5 ka	OT18 (0,07)		1,86	
64 ka	OT9 (0,26)	OT10-17	1,79	
		OT8		
70,5 ka	OT7 (0,09)		1,53	
76 ka	OT6 (0,40)		1,44	
83 ka	OT5 (0,33)		1,04	
83,5 ka	OT4 (0,71)		0,71	
		OT8		
0,105 Ma	Manglayang Ignimbrit			Sunda
0,182-0,210 Ma	Aliran Lava			
	Cisarua Ignimbrit			Pre-Sunda
0,506-0,560 Ma	Aliran Lava			

Dari uraian di atas dapat ditarik hipotesa, letusan Gunung Sunda fase ketiga itulah yang telah menguruk Ci Tarum Purba di utara Padalarang, membentuk danau raksasa, Danau Bandung Purba. Bagian sungai ke arah hilir yang tidak tertimbun disebut Ci Meta, sungai kecil dalam lembah besar Ci Tarum Purba. Dari kaldera Gunung Sunda itu kemudian lahir Gunung Tangkubanparahu. Letusan-letusannya dibagi ke dalam dua kategori letusan, yaitu letusan Gunung Tangkubanparahu tua antara 90.000-10.000 tahun yang lalu, juga pernah meletus sebanyak 30 unit letusan. Letusan Gunung Tangkubanparahu muda antara 10.000-50 tahun yang lalu, juga meletus 12 unit letusan.

3.2. KERAGAMAN GEOLOGI

3.2.1. Keragaman Bentangalam

Bentangalam Gunung Tangkubanparahu dapat dibagi menjadi tiga satuan morfologi utama yaitu: kerucut strato aktif, lereng tengah dan kaki.

Kerucut strato aktif, menempati bagian tengah kaldera Sunda. Kawah-kawah gunungapi ini membentang dengan arah barat-timur. Beberapa kawah terletak di daerah puncak dan beberapa lainnya terletak di lereng timur. Kerucut strato aktif ini tersusun dari selang-seling lava dan piroklastik dan di bagian puncak endapan freatik. Kawah-kawah yang memiliki daya Tarik dan sering dikunjungi wisatawan, antara lain: 1) Kawah Ratu, merupakan kawah terbesar yang dimiliki Gunung Tangkubanparahu dan mudah dijangkau; 2) Kawah Upas, terletak di sebelah Kawah Ratu; dan 3) Kawah Domas, terletak lebih bawah daripada Kawah Ratu.

Pola radier dengan bentuk lembah V, beberapa air terjun yang sangat umum ditemukan pada satuan morfologi ini. Morfologi lereng tengah meliputi lereng timurlaut, selatan dan tenggara gunungapi ini. Batuannya terdiri atas endapan piroklastik yang sangat tebal dan lava yang biasanya tersingkap di lembah-lembah sungai yang dalam dengan pola aliran sungai paralel dan semi memancar (semi radier). Lereng selatan dan tenggara terpotong oleh sesar Lembang, yang berarah timur-barat.

Kaki selatan, menempati bagian lereng tenggara dan selatan, yang terletak pada ketinggian antara 1200 m hingga 800 m dan antara 1000 hingga 600 m di atas permukaan laut. Lereng timurlaut mempunyai pusat-pusat erupsi parasit seperti G. Malang, G. Cinta dan G. Palasari. Aliran-aliran lava dan skoria berwarna kemerahan yang menempati sebagian besar daerah kaki ini adalah berasal dari pusat-pusat erupsi ini. Pola aliran sungai yang berkembang di daerah ini adalah paralel dengan bentuk lembah U yang melewati batuan keras. Lereng selatan terletak antara sesar Lembang dan dataran tinggi Bandung di selatan. Bagian terbesar daerah ini dibentuk oleh batuan piroklastik dan endapan lahar, sedangkan lava ditemukan di dasar sungai. Pola aliran sungai yang berkembang adalah paralel.

3.2.2. Keragaman Batuan

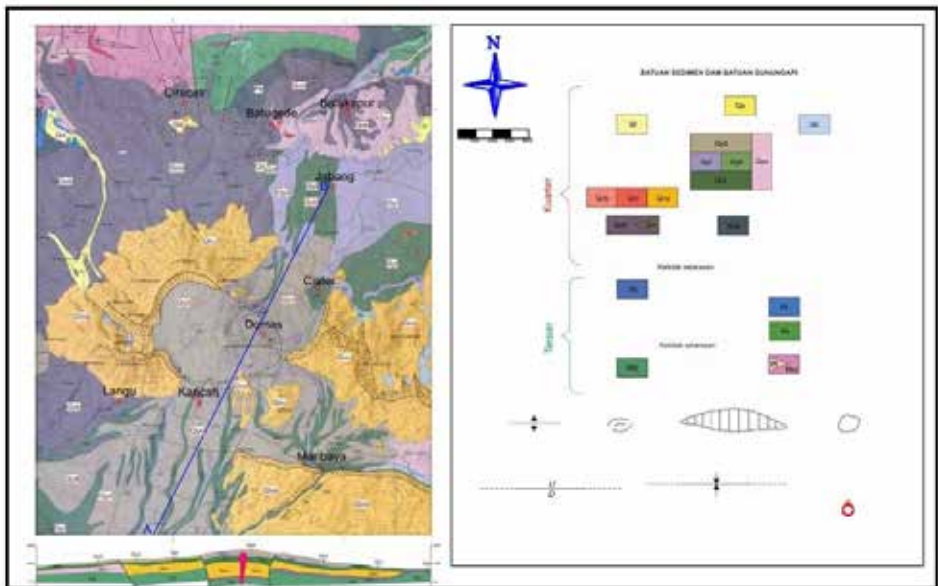
Berdasarkan Peta Geologi Regional Bandung (Gambar 3.2), yang dipetakan oleh P.H Silitonga pada tahun 1973, daerah penelitian dibagi menjadi beberapa satuan batuan. Diurutkan satuan batuan atau stratigrafi dari muda ke tua adalah satuan Aluvium (Qa), Kolovium (Qc), Tuf Pasir (Qyd), Breksi dan Aglomerat (Qyb), Tuf Berbatuapung (Qyt), Hasil Gunung Api Muda Tak Teruraikan (Qyu), Hasil Gunung Api Tua Tak Teruraikan (Qvu), Hasil Gunungapi Lebih Tua (Qob), Formasi Citalang (Pt) dan Formasi Kaliwangu (Pk).

Satuan batuan Aluvium (Qa) terdiri atas batu lempung, lanau, pasir dan kerikil, terutama endapan sungai sekarang. Kemudian satuan batuan Kolovium (Qc) yang

berasal dari reruntuhan pegunungan hasil gunungapi tua, berupa bongkahan batuan beku antara andesit-basal, breksi, batu pasir dan lempung tuf. Satuan batuan Tuf Pasir (Qyd) tuf berasal dari Gunung Dano dan Gunung Tangkubanparahu (erupsi “C”, van Bemmelen, 1934), tuf pasir coklat sangat sarang, mengandung kristal-kristal horeblendita yang kasar, lahan lapuk kemerah-merahan, lapisan-lapisan lapili dan breksi.

Satuan batuan Tuf Berbatuapung (Qyt) terdiri atas batu pasir tufan, lapili, bom-bom, lava berongga dan kepingan-kepingan andesit basal padat yang bersudut dengan banyak bongkahan dan pecahan batuapung berasal dari Gunung Tangkubanparahu. Singkapan satuan batuan Hasil Gunungapi Muda Tak Teruraikan (Qyu) terdiri atas pasir tufan, lapili, breksi, lava, aglomerat berasal dari Gunung Tangkubanparahu. Satuan batuan Hasil Gunungapi Tua Tak Teruraikan (Qvu) terdiri atas breksi Gunungapi, lahar dan lava berselang-seling. Serta satuan batuan Hasil Gunungapi Lebih Tua (600m) (Qob) yang terdiri atas breksi, lahar dan pasir tuf berlapis-lapis dengan kemiringan yang kecil

Formasi Citalang (Pt) (500-600m) yang berumur Pliosen terdiri atas lapisan-lapisan napal tufan, diselingi oleh batu pasir dan konglomerat. Formasi Kali Wangu (600m) (Pk) berumur Plestosen terdiri atas batupasir tufan, konglomerat, batulempung dan terkadang lapisan-lapisan batupasir gampingan dan batu gamping. Selain itu terdapat juga lapisan-lapisan tipis gambut dan lignit. Pada batupasir dan konglomerat terdapat banyak fosil moluska. Formasi Cilang (Mtjl) terdiri atas napal tufan dan batugamping berlapis baik.

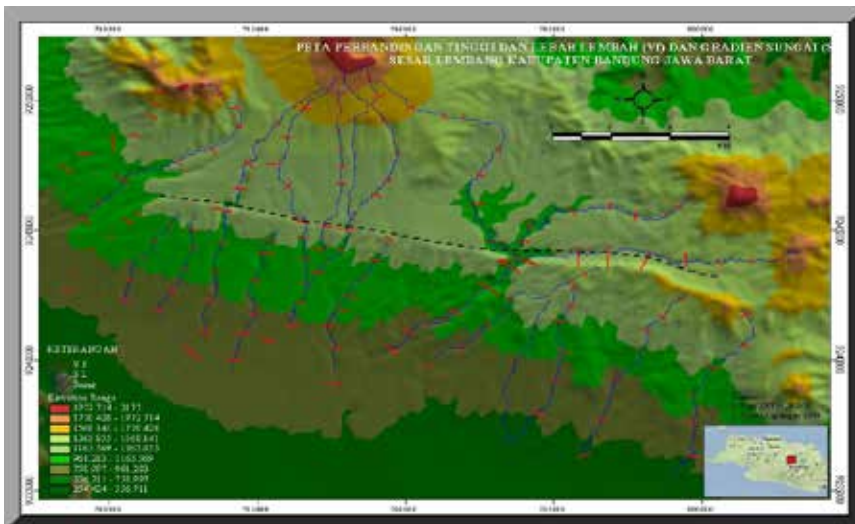


Gambar 3.2. Peta Geologi Lembang dan Sekitarnya (Sumber: Silitonga, 1973)

3.2.3. Keragaman Sruktur Geologi

Sesar Lembang adalah salah satu landmark geologis yang paling menarik di Dataran Tinggi Bandung dan ekspresi geomorfologi yang jelas dari aktivitas neotektonik di Cekungan Bandung. Sesar Lembang secara morfologi diekspresikan berupa gawir sesar (fault scarp) dengan dinding gawir menghadap kearah utara. Bagian Sesar Lembang yang dapat dilihat, baik dari peta topografi terutama dari foto udara ataupun citra satelit, mempunyai panjang 22 km. Dari timur ke barat, tingginya gawir sesar yang mencerminkan besarnya pergeseran sesar (loncatan *vertical/throw* maupun dislokasi) berubah dari sekitar 450-an meter di ujung timur (Maribaya, G. Pulusari) dan 40-an meter di sebelah barat (Cisarua) dan kemudian menghilang di ujung barat utara Padalarang.

Sesar Lembang ini melintang dari barat ke timur. Sesar ini terletak atau melalui Lembang, 10 km sebelah utara Bandung (Gambar 3.3). Merupakan sebuah sesar aktif dengan gawir sesar sangat jelas yang menghadap ke utara. Sesar ini yang panjang seluruhnya kira-kira 22 km dapat diamati sebagai suatu garis lurus dari G. Palasari di timur ke barat dekat Cisarua. Penyelidikan-penyelidikan terdahulu telah menghubungkan bahwa sesar Lembang yang dominannya adalah sesar normal terjadi setelah erupsi besar G. Sunda yang berlangsung pada zaman Kuartar Tua.



Gambar 3.3. Peta Perbandingan Tinggi dan Lebar Lembang (Vr) dan Gradien Sungai (DL) di wilayah sekitar Sesar Lembang.

Penelitian terbaru tentang sesar atau patahan Lembang di Bandung yang dilakukan Peneliti dari Pusat Penelitian Geoteknologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Bandung Mudrik R. Daryono, mengatakan riset terbaru sesar aktif itu menyangkut tiga hal: Pertama, kata Mudrik, para peneliti memastikan lokasi sesar Lembang dan ujung serta pangkalnya. Data baru dengan teknologi penginderaan jarak jauh LIDAR (*Light Detection and Ranging*), yang mencapai resolusi citra hingga jarak 90 sentimeter, dan pengolahan data gambar, wujud sesar Lembang, berhasil

mereka dapatkan dengan jelas. “Total panjangnya 29 kilometer dengan titik nol kilometer di daerah Padalarang dekat jalan tol. Titik nol itu sebagai penanda pangkal sesar di sebelah barat. Sesar Lembang memanjang ke timur hingga berada di antara Bukit Batu Lonceng dan Gunung Manglayang. Sesar terbagi dalam segmen atau bagian dan tidak lurus memanjang, tetapi di bagian tengahnya ada yang berbelok-belok. Sebelumnya, para peneliti menaksir panjang sesar itu berkisar 20-27 kilometer.

Hal kedua yang diteliti ialah kecepatan pergerakan sesar. “Sesar Lembang itu masih aktif, dengan percepatan geser dari hasil analisis itu 3 sampai 5.5 milimeter per tahun. Pergerakannya termasuk lambat dan Sesar Lembang tersebut bergerak dengan pola geser mengiri, tapi pada bagian sesar yang belok-belok itu polanya bisa sesar naik. Hal ketiga yang sangat penting ialah potensi gempa dari sesar Lembang, dengan panjang sesar mencapai 29 kilometer, potensi gempa yang bersumber di darat itu cukup besar. “Dengan skenario terburuk, bisa menghasilkan gempa dengan skala magnitudo 6,5 sampai 7 kalau seluruh segmennya bergerak. Namun sejauh ini, riset belum sampai pada kajian karakteristik sesar, apakah bisa bergerak serentak sepanjang 29 kilometer atau per bagian. Dari catatan kejadian gempa termutakhir di dekat Gunung Burangrang, pergerakan sesar Lembang menimbulkan gempa sekitar magnitudo 3.

Ekspresi geomorfik yang membedakan sesar bagian timur yang bercirikan gawir terjal dengan bagian barat yang relatif kurang terjal dan menghilang di Cisarua Barat, secara lebih detil dan mudah dikenali secara geografis, terbagi tepat pada jalan Bandung-Lembang. Di daerah ini terdapat suatu daerah datar sepanjang jalan Bandung-Lembang hingga Kecamatan Lembang. Di bagian barat dataran sempit ini dibatasi oleh S. Cihideung yang menyayat taji dan dalam, mengalir utara-selatan memotong gawir sesar. Di sebelah timur, gawir sesar dicirikan oleh tebing sangat terjal dengan perbedaan tinggi relatif dari 75 m di Lembang (barat) sampai lebih dari 450 m di G. Pulusari (ujung timur) Ketinggian ini semakin tinggi akibat adanya penyayatan vertical (incise) endapan-endapan gunungapi pada kakinya. Sedangkan di sebelah barat, gawir sesar tidak begitu tinggi dan hanya mencapai tinggi relatif 40 m di daerah Cihideung, Cisarua. Pada bagian ini, gawir sesar ditutupi endapan-endapan gunungapi yang lebih muda.

Gunung Batu merupakan salah satu lokasi terbaik untuk pengamatan terhadap Sesar Lembang (padahal kemarin ketika ospek ga terlalu bagus). Gunung Batu terdiri atas batuan beku andestik. Diperkirakan aliran lava karena asih memperlihatkan kekar-kekar kolom yang dapat diamati pada lereng utara. Namun demikian banyak ahli geologi maupun ahli geofisika yang mempunyai pendapat lain tentang batu andestik di Gunung Batu. Beberapa menduganya sebagai intrusi atau suatu leher gunungapi, beberapa lagi menduga sebagai produk dari letusan celah (fissure eruption). Hasil penanggalan umur dengan metode K-Ar menunjukkan bahwa batu andestik Gunung Batu terbentuk pada 0.51 Ma (Sunardi dan Koesoemadinata, 1997), atau 510.000 tahun yang lalu.

Berdasarkan temuan Bemmelen tahun 1934, menyimpulkan sejarah morfo-struktural Sesar Lembang sebagai berikut :

- a. Sesar sebelah timur Jalan Bandung-Lembang, pertama-tama terbentuk. Blok utara bergeser turun relative terhadap Blok selatan yang dikenal sebagai Blok Palasari. Pergeseran yang membentuk gawir terjal ini mencapai sedikitnya 450 meter.
- b. Setelah penyesaran, erupsi besar bersifat paroksimal terjadi dan disebut Bemmelen sebagai erupsi fase-A Gunung Tangkubanperahu.
- c. Selama erupsi fase-A, kejadian penyesaran juga terjadi di bagian utara, menyebabkan terbentuknya kaldera dengan keruntuhan dinding kalderanya. Lagi, *block* utara bergeser turun relative terhadap selatan dengan pergeseran yang menurun dari sekitar 600 meter di bagian timur sampai 100 meter di bagian utara.
- d. Terjadi penyesaran tensional yang kemungkinan merupakan kelanjutan penyesaran sebelumnya yang merobek sangat dalam sehingga mencapai dapur magma Gunung Tangkubanperahu. Kejadian ini menyebabkan keluarnya aliran lava pada fase-B baik di kawah utama juga di tiga kerucutn lain di bagian timur laut.
- e. Sesar Lembang bagian barat Jalan Bandung – Lembang, kemudian tergeser membentuk gawir yang memperngaruhi aliran lava pada fase-B dan bagian bawah dari produk – produk pada fase-C.

Hasil penelitian yang relatif baru dari Nossin et al. (1996) menunjukkan bahwa kemungkinan pergeseran pertama Sesar Lembang (khususnya pembentukkan Sesar Lembang bagian timur) yang berteepatan dengan pembentukkan kaldera dalam proses letusan kataklismik terjadi 100.000 tahun yang lalu. Sedangkan Sesar Lembang bagian barat diperkiakan lebih muda dari 27.000 tahun yang lalu. Hal ini disebabkan oleh adanya endapan piroklastik berumur tersebut yang terpatahkan oleh sesar.

Aliran lava berhasil menembus dinding sesar bagian timur melalui Ci Kapundung di Maribaya, tetapi hal ini tidak terjadi di bagian timur. Dengan demikian, sesar bagian barat diduga lebih muda dari fase-B van Bemmelen, tetapi mematahkan endapan-endapan fase-C van Bemmelen. Nossin et al. (1996) melakukan analisis penanggalan dari contoh tanah gambut dari Kampung Penyairan yang berada pada lembah di Sesar Lembang bagian barat. Hasil analisis penanggalan K-Ar oleh Sunardi dan Koeseomadinaa (1997) menunjukkan lava basalt di Curug Dago berumur 48.000 tahun yang lalu, dan aliran lava di Maribaya berumur 150.000 tahun yang lalu. Lava basalt berwarna hitam ini menerus dari hulu sungai Cikapundung (Maribaya) hingga berakhir di sekitar Curug Dago, diperkirakan terdiri atas beberapa “lapisan”. Jika sesar bagian barat berakhir aktif pada sekitar 24.000 tahun yang lalu, maka jika bagian timur ikut aktif, mestinya lava-lava ini ikut terpatahkan juga.

3.2.4. Keragaman Proses Geologi

A. Erupsi Gunung Tangkubanparahu

Gunung Tangkubanparahu dan gunungapi lainnya yang berada di sekitar Bandung terletak di Zona Bandung (van Bemmelen, 1934 dalam Hadisantono drr., 1983). Zona

Bandung adalah sebuah cekungan depresi yang memanjang diantara pegunungan. Cekungan tersebut mempunyai lebar antara 25 - 50 km, sedikit cembung ke utara, terletak antara Zona Bogor dan Zona Pegunungan Selatan.

Bemmelen (1949) menyatakan bahwa secara umum zona ini berada pada struktur puncak geantiklin P. Jawa, yang tersesarkan setelah atau pada waktu yang bersamaan dengan pengangkatan yang terjadi pada akhir Tersier. Sumbu geantiklinnya adalah tempatnya dimana Vulkanisma Kuartar terdapat. Sabuk gunungapi ini atau jalur magmatik ini membentang dari Teluk Pelabuhanratu pada bagian barat P. Jawa, kemudian melewati antara lembah Cimandiri dengan kota Sukabumi (600 m), dataran Cianjur (495 m) dan Garut (711 m) ke lembah Citanduy dengan kota Tasikmalaya (351 m) pada bagian timur, dan berakhir di Segara Anakan di pesisir selatan P. Jawa. Bagian tengah zona ini ditempati oleh dataran tinggi Bandung dan Garut.

Erupsi Gunung Tangkubanparahu dapat digolongkan sebagai erupsi kecil. Leleran lava diperkirakan kemungkinannya terjadi. Berdasarkan pengalaman sejak abad ke 19, gunungapi ini tidak pernah menunjukkan erupsi magmatik besar kecuali erupsi abu tanpa diikuti oleh leleran lava, awan panas ataupun lontaran batu pijar. Erupsi freatik umumnya dominan dan biasanya diikuti oleh peningkatan suhu solfatara dan fumarola di beberapa kawah yang aktif yaitu Kawah Ratu, Kawah Baru, dan Kawah Domas.

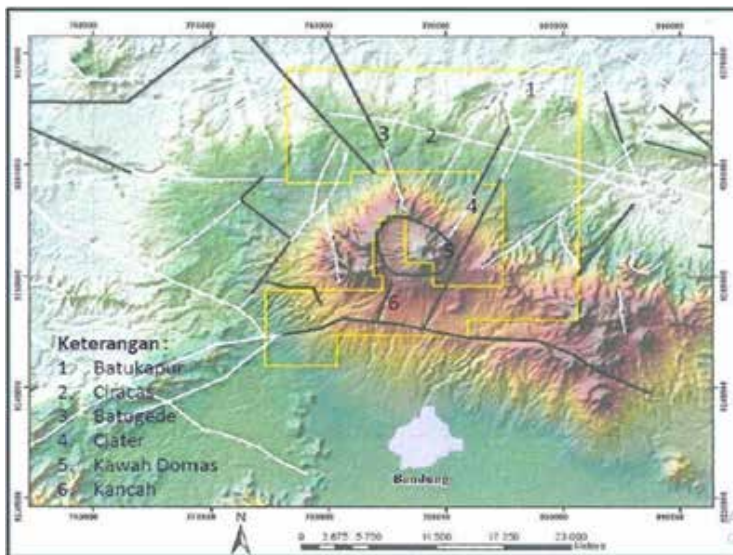
Material vulkanik yang dilontarkan umumnya abu yang sebarannya terbatas di sekitar daerah puncak hingga beberapa kilometer. Semburan lumpur hanya terbatas di daerah sekitar kawah. Pada waktu peningkatan kegiatan, uap putih fumarola/solfatara kadang-kadang diikuti oleh peningkatan gas-gas vulkanik seperti gas racun CO dan CO₂. Bila akumulasi gas-gas racun di sekitar kawah aktif semakin tinggi, daerahnya dapat diklasifikasikan ke dalam daerah bahaya primer terbatas. Bahaya sekunder seperti banjir lahar tidak pernah terjadi dalam waktu sejarah. Longsoran lokal terjadi di dalam kawah dan lereng atas yang terjal.

Produk-produk G. Sunda terdiri atas lava, jatuhan piroklastik, aliran piroklastik, lahar dan endapan freatik (Hadisantono, 1988). Ada dua macam endapan lain yang tidak termasuk dalam hasil langsung dari kegiatan vulkanik seperti endapan danau Bandung yang secara stratigrafi menumpang di atas endapan aliran piroklastik dari erupsi pembentukan kaldera Sunda, dan endapan fluvial yang terdiri atas bahan vulkanik sebagai hasil dari proses sekunder.

B. Manifestasi Panasbumi (Hidrothermal)

Gunung Tangkubanparahu memiliki beberapa manifestasi panasbumi yang berasosisasi dengan sistem vulkanik terutama gunung api bertipe strato umumnya berada di puncak gunung dan merupakan daerah pusat erupsi vulkanik. Manifestasi permukaan yang muncul umumnya terdiri atas solfatara, fumarol, mata air panas asam dan mud pools. Sedangkan di daerah lereng gunung, manifestasi permukaan yang muncul berupa mata air hangat yang bersifat asam ataupun basa serta mata air dingin.

Letusan Gunung Sunda yang dahsyat menyisakan sebuah kaldera dan kemudian terjadi graben yang membentuk Sesar Lembang-Tambakan dan munculnya Gunung Tangkubanparahu. Saat itulah aktifitas panasbumi dimulai. Munculnya manifestasi di Tangkubanparahu diduga dikontrol oleh struktur utama yang berkembang arah W-E berupa sesar Lembang-Tambakan. Hal tersebut terlihat berdasarkan hubungan lokasi manifestasi terhadap struktur utama.

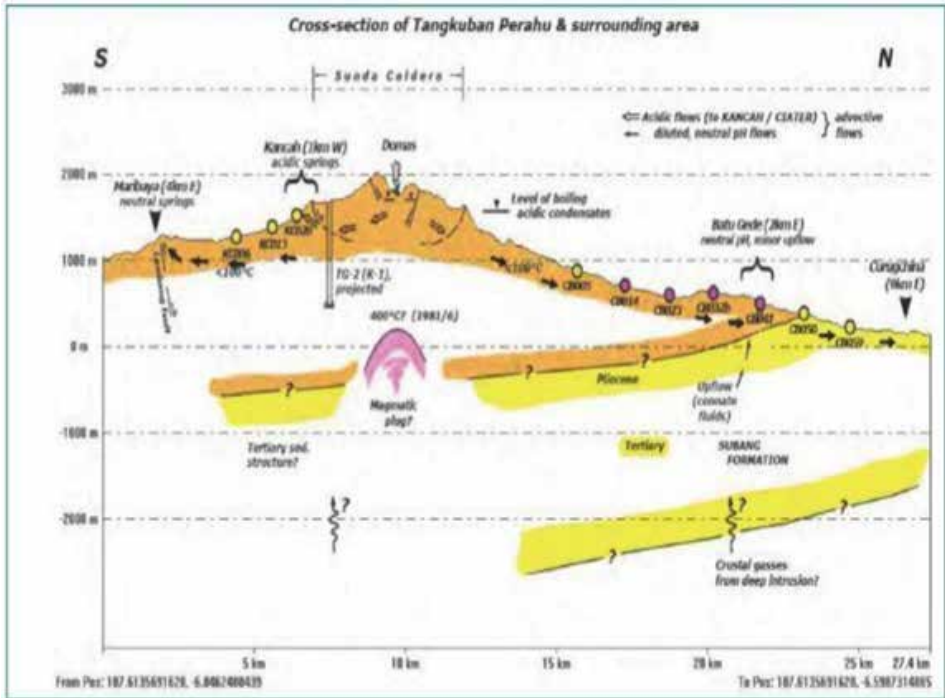


Gambar 3.4.
Kelurusan Gunung
Tangkuban Perahu
Sumber: http://igis.esdm.go.id/igis/img/Buku_Potensi_Jilid_1.pdf

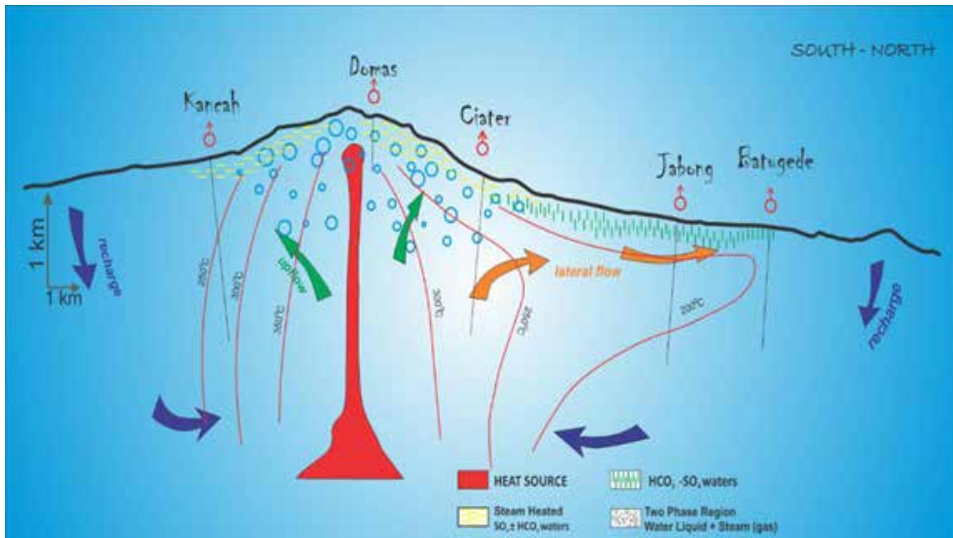
Dari Gambar 3.4 di atas terlihat bahwa pola kelurusan di kawasan Tangkubanparahu menunjukkan minimnya korelasi besarnya nilai kerapatan dengan banyaknya manifestasi yang muncul dipermukaan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5. Namun besarnya kerapatan tersebut berkorelasi dengan satuan batuan hasil letusan gunungapi tua dengan litologi berupa breksi, lahar dan lava serta memiliki resistan batuan yang tinggi.

Nasution, drr (2004) membagi zona manifestasi menjadi tiga bagian yaitu Central Tangkubanparahu (CTP), North of Tangkubanparahu (NTP), dan South of Tangkubanparahu (STP). Zona manifestasi CTP atau berada ditengah gunung Tangkubanperahu, manifestasinya berupa fumarole dan mata air panas yang muncul dalam kawah Domas, memiliki temperatur 90⁰-95⁰C. Kemudian terdapat pula fumarole di central vent dari gunung Tangkubanparahu, temperaturnya 95⁰-100⁰C dan ditemukan sedikit endapat sulfur. Zona manifestasi NTP atau yang berada di bagian utara dari gunung Tangkubanparahu, manifestasi berupa mata air panas Ciater, mata air hangat Batugede, mata air panas di Batukapur dan mata air panas Ciracas. Zona manifestasi STP berada di bagian selatan dari gunung Tangkubanparahu, manifestasi berupa mata air panas di Maribaya dan Cimanggu serta pelepasan panas di Kanchah, (Gambar 3.6).

Keluaran manifestasi panasbumi Tangkubanparahu dalam bentuk *Deep upflow* diinterpretasikan pada daerah kawah, sedangkan *Out flow* diduga berada di daerah



Gambar 3.5. Skematik penampang model tentatif Tangkubanparahu berarah relatif N-S. Sumber panas sistem panas bumi Tangkubanparahu diperkirakan berhubungan dengan struktur graben yang mana Gunung Sunda terbentuk lebih awal dari Gunung Tangkubanparahu. Sumber : http://igis.esdm.go.id/igis/img/Buku_Potensi_Jilid_1.pdf



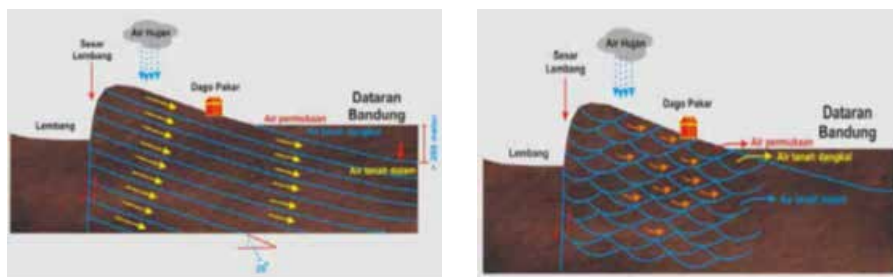
Gambar 3.6. Konseptual model berdasarkan hasil analisis data geokimia (modifikasi Herdianita, 2012).

manifestasi thermal di Kancah, Cimangu, Maribaya (Selatan), Ciater (Timur), Batugede, Ciracas, Batukapur. Formasi Subang (sisi utara) kemungkinan merupakan cap rock pada elevasi -500 mdpl dan reservoir kemungkinan terdapat di bawahnya hingga kedalaman -2500 mdpl. Nilai analisa geothermometer gas menunjukkan rentang temperatur reservoir sekitar 240-320 °C. Manifestasi permukaan di kawah Domas merupakan jenis mata air panas memiliki temperatur permukaan 87°C dan pH 2,2. Sedangkan lokasi kancah merupakan jenis luahan airtanah memiliki temperatur 28,3°C dengan pH 2,7.

C. Sesar Sebagai Jalan Air Tanah

Sesar Lembang adalah salah satu bukti geologis dan ekspresi geomorfologi hasil erupsi purba Gunung Sunda dan aktivitas neotektonik di Cekungan Bandung. Uniknya, pola kelurusan sesar Lembang yang berarah barat-timur tidak sejalan dengan pola sesar arah Meratus (timurlaut-baratdaya) dan pola sesar arah Sumatra (baratlaut-tenggara). Sifat anomali ini menjadi menarik bagi para ahli kebumihannya khususnya ahli geologi struktur dan mereka terus mengamati, apalagi banyak ahli mengatakan bahwa sesar Lembang termasuk katagori sesar aktif.

Hal lain yang menarik dari Gunung Sunda Purba dan keberadaan Sesar Lembang berkaitan dengan daerah imbunan air tanah bagi lepasan airtanah di Cekungan Bandung bagian utara. Menurut S. Bronto dan U. Hartono (2006), umumnya wilayah cekungan Bandung bagian utara ini menjadi jalan air atau zona resapan air. Mereka mencoba membuat sketsa model stratigrafi kue lapis seperti terlihat pada Gambar 3.7 dengan hipotesis, sebagai berikut: (a) stratigrafi batuan gunungapi yang umumnya diendapkan di darat dan (b). Struktur perlapisan batuan di masing-masing model tersebut berdampak terhadap keberadaan dan sebaran air. Pada model pertama air hujan meresap ke dalam tanah, membentuk air tanah dalam. Model kedua memungkinkan air hujan menjadi air permukaan, air tanah dangkal, dan air tanah dalam.



Gambar 3.7. Sketsa model stratigrafi kue lapis: yang disusun oleh S. Bronto dan U. Hartono.

3.3. KEUNIKAN GEOLOGI

Dari uraian dan penjelasan para peneliti yang terangkum dalam tulisan di atas, maka komponen-komponen keragaman geologi di wilayah situs Gunung Sunda dapat diidentifikasi memiliki keunikan geologi utama yang berguna sebagai bahan

dasar dalam pengembangan geowisata, sebagai berikut:

- Di utara Bandung, di tempat Gunung Tangkubanparahu sekarang, terdapat gunungapi raksasa, Gunung Jayagiri namanya. Gunung ini kemudian meledak dahsyat hingga mengambrukkan tubuhnya membentuk kaldera, kawah yang sangat luas. Dari sisi kaldera Jayagiri ini tumbuh gunung baru, yaitu Gunung Sunda. Letusan mahadahsyat Gunung Sunda telah mengambrukkan tubuhnya membentuk kaldera. Dari kaldera Gunung Sunda inilah Gunung Tangkubanparahu terbentuk. Sampai sekarang, cucu Gunung Jayagiri ini terus memperlihatkan aktivitasnya, membentuk dirinya mengikuti jejak alam leluhurnya.
- Sisa-sisa kedahsyatan letusan Gunung Jayagiri, Gunung Sunda, dan Gunung Tangkubanparahu merupakan keragaman bumi yang luar biasa dan sangat baik bila dijadikan laboratorium alam untuk pembelajaran bagi warga kota, selain sebagai obyek wisata.
- H. Tsuya menggolongkan derajat kehebatan letusan gunungapi ke dalam sembilan tingkatan, mulai dari derajat satu yang hanya mengembuskan fumarola hingga derajat IX yang melontarkan material gunungapi lebih dari 100 km³. Bila gunungapi itu mampu melontarkan material dari tubuhnya antara 10-100 km³, dapat digolongkan mempunyai derajat kehebatan VIII. Gunung Sunda termasuk kategori ini karena pada letusan fase ketiga melontarkan material vulkanik sebanyak 66 km³. Jumlah ini sebenarnya 60 persennya saja sebab yang dihitung hanya yang mengendap di permukaan. Sementara yang diterbangkan ke berbagai penjuru bumi tidak dihitung, jumlahnya mencapai 40 persen. Bila seluruhnya dijumlahkan, kedahsyatan Gunung Sunda mendekati kategori IX.

3.4. GEOWISATA

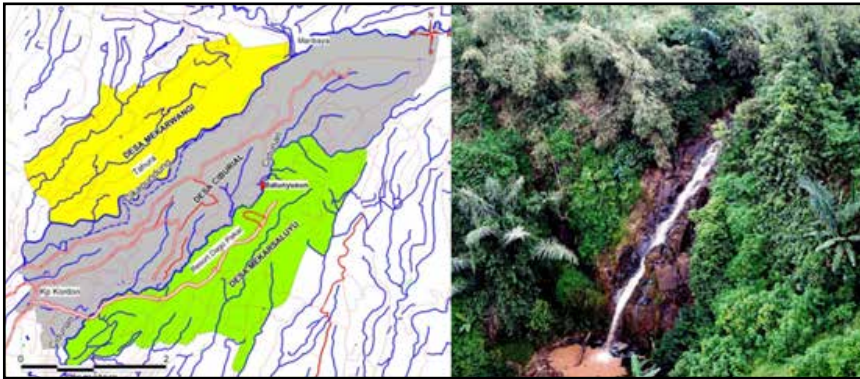
Saat ini banyak kegiatan geowisata yang berkaitan dengan Fenomena Gunung Sunda Purba bahkan banyak komunitas masyarakat ingin mewujudkannya sebagai Geopark Nasional maupun Global UNESCO. Hal ini terinspirasi oleh keberhasilan di beberapa daerah yang berstatus Geopark Global UNESCO dalam mewujudkan perekonomian masyarakat lokal. Namun demikian dengan perencanaan dan pengelolaan yang baik, geowisata minat khusus pun dapat memberikan sumbangsih yang berarti terhadap pendapatan daerah dan masyarakat setempat sebagai pemain kunci dalam pengelolaan kawasan. Pengembangan geowisata baru di wilayah Cekungan Bandung akan lebih mudah berjalan karena berdekatan dengan pusat ibukota Provinsi Jawa Barat yaitu Kota Bandung dan juga mudah dijangkau dari ibukota negara DKI Jakarta. Kedua kota besar ini dikenal selama ini sebagai pusat pasar wisatawan lokal maupun internasional. Selain itu kondisi sarana dan prasarana di Provinsi Jawa barat khususnya di wilayah Cekungan Bandung sudah cukup baik sehingga dapat mendukung perkembangan pariwisata dengan baik pula.

Adapun beberapa situs geologi penting (potebsi warisan geologi) yang mulai dikembangkan sebagai objek Geowisata oleh beberapa komunitas masyarakat, dijelaskan sebagai berikut:

3.4.1. Situs Batunyusun

Situs Batunyusun merupakan hasil gunung api tua tak teruraikan, berupa breksi gunungapi, lahar, dan lava berseling-seling (Silitonga, 1973). Batuan yang tersingkap di curug batunyusun merupakan bukti adanya pembalikan polaritas medan magnet bumi secara sistematis dalam ketebalan hanya 5 meter saja secara menerus yang ternyata mewakili 7 ribu tahun (1.305 ± 0.04 Ma sampai $1,98 \pm 0.02$ Ma). Gejala ini sangat jarang diketemukan di dunia, mungkin tidak lebih dari lima lokasi tipe (Koesoemadinata dan Sunardi, 1998).

Kondisi alam di sekitar lokasi memang sudah tidak seindah dulu lagi. Aliran air sungai yang semakin keruh ditambah lagi banyaknya sampah yang ditinggalkan oleh para pengunjung yang tidak bertanggung jawab menyebabkan tempat ini berkurang keasriannya. Padatnya pemukiman yang berada di daerah atas curug juga menjadi penyumbang sampah terbesar yang menyebabkan kotornya aliran sungai Cikapundung ke Curug Batunyusun. Mungkin lain ceritanya pada zaman dulu ketika hutan masih rimbun dan air sungai masih jernih. Akan tetapi mengingat keindahan alam, sejarah dan proses geologi nya yang cukup unik adalah beberapa faktor yang aptut diperhitungkan untuk menjadi salah satu tujuan wisata edukasi di Bandung. Kondisi alam berupa lembah dan perbukitan juga dapat menarik wisatawan untuk melakukan aktivitas geowisata melalui *geotrekking*.



Gambar 3.8. Peta lokasi dan foto drone Kawasan Situs Batunyusun, di wilayah Dago Pakar (Koesoemadinata dan Sunardi, 2020).

3.4.2. Gua Belanda

Gua Belanda merupakan salah satu dari banyaknya bangunan bersejarah yang dibangun Belanda pada saat menguasai Indonesia. Pada awalnya gua yang di bangun pada tahun 1901 ini dipergunakan untuk perusahaan yang bergerak dibidang pembangkit listrik tenaga air. Hal tersebut berubah disebabkan tahun 1918, pada masa itu pemerintah Belanda merenovasi gua untuk kebutuhan militer dengan melakukan penambahan lorong dan koridor dalam gua. Penambahan bangunan mencakup 15 lorong dan 3 koridor yang setiap koridornya mempunyai fungsi yang berbeda-beda.

Koridor pertama untuk saluran air, koridor kedua untuk lubang ventilasi dan yang ketiga untuk ruang interogasi. Secara militer lokasi ini dianggap strategis. Setelah Belanda meninggalkan Indonesia, terowongan ini digunakan oleh Jepang, yang juga membangun satu terowongan lagi tidak jauh dari sini yang disebut “Gua Jepang”.

Gua Belanda sekarang berada dalam satu kawasan dengan Taman Hutan Rakyat (THR). Peninggalan zaman kolonial ini terletak sekitar 2 kilometer dari gerbang Tahura di Dago dan menjadi tempat rekreasi warga Bandung maupun warga pendatang karena keunikan dari sejarah gua ini. Sehingga, masyarakat umum tertarik untuk melihat bukti fisik warisan sejarah bangsa Indonesia dan disamping itu dapat mempelajari warisan geologi kawasan ini. Untuk menelusuri gua ini diburuhkan njalan kakisejauh 2 kilometer tidak terasa berat karena jalannya dikelilingi pepohonan rindang.



Gambar 3.9. Pintu masuk Gua Belanda

Secara geologi Gua Belanda ini terbentuk dari awan panas atau aliran piroklastika yang melontarkan material magma saat Gunung Sunda meletus pada 105 ribu tahun silam. Aliran piroklastik ini disebut sebagai ignimbrit, mempunyai penyebaran yang sangat luas dengan volume yang sangat besar dan berhubungan dengan pembentukan kaldera (kawah berdiameter lebih dari 2 km).. Letusan dari gunungapi eksplosif berskala besar ini diperkirakan mencapai 66 kilometer kubik dan menutupi 200 kilometer persegi lahan. Daerah sebarannya ke selatan, timur laut, dan barat daya Gunung Sunda. Ignimbrit ini memiliki tebal endapan rata-rata mencapai 40 meter, memiliki warna segar yaitu abu-abu terang, warna lapuk yaitu kecoklatan, ukuran butir 2-64 mm, bentuk butir lapili, pemilihan sedang, kemas tertutup, struktur massive, kekerasan batuan yaitu keras, dan terdapat kayu terangkai sebagai salah satu penciri endapan aliran piroklastik. Batuan ignimbrite yang ada di Tahura Ir. Juanda ini memiliki keunikan yaitu dengan luas sekitar 750 m, lorong – lorong gua yang banyak, dinding gua terbentuk dari produk gunung api akibat letusan gunung sunda.

Konon, lontaran batuan Gunung Sunda itu juga yang membendung aliran Sungai Citarum sehingga menciptakan danau Bandung purba berukuran raksasa.

Wilayah danau itu mencakup cekungan Bandung yang kini dihuni lebih dari tiga juta warga Kota Bandung dan Cimahi, sebagian Kabupaten Bandung dan Kabupaten Bandung Barat. Letusan Gunung Sunda yang dahsyat ketika itu, kata Djumarma, juga menghasilkan kawah luas alias kaldera sepanjang sekitar tujuh kilometer. Sisa bagian tepi kaldera Gunung Sunda itu kini masih bisa terlihat di sebelah barat Gunung Tangkuban Parahu. Gunung Tangkuban sendiri anak Gunung Sunda. Rencananya, IAGI akan memasang papan geologi di kawasan wisata Jawa Barat lain, yaitu Kawah Putih-Gunung Patuha di Kabupaten Bandung, Gunung Papandayan di Kabupaten Garut, Gunung Galunggung di Kabupaten Tasikmalaya, Goa Pawon di Citatah Kabupaten Bandung Barat, serta Cisolok Kabupaten Sukabumi.

Dilihat dari sejarahnya gua Belanda merupakan salah satu dari banyaknya bangunan bersejarah yang dibangun Belanda pada saat menguasai Indonesia. Pada awalnya gua yang di bangun pada tahun 1901 ini dipergunakan untuk perusahaan yang bergerak dibidang pembangkit listrik tenaga air. Hal tersebut berubah disebabkan tahun 1918, pada masa itu pemerintah Belanda merenovasi gua dengan melakukan penambahan lorong dan koridor dalam gua yang terletak di kawasan Taman Hutan Raya Ir. H. Djuanda. Penambahan bangunan mencakup 15 lorong dan 3 koridor. Koridor tersebut digunakan untuk saluran air, lubang ventilasi, dan ruang interogasi para tahanan, penjara atau ruang tahanan yang cukup menantang untuk dijelajahi oleh wisatawan. Belanda juga memanfaatkan Goa ini sebagai station radio telekomunikasi Belanda. Sedangkan pada masa kemerdekaan, Goa Belanda ini dimanfaatkan oleh para pejuang Indonesia sebagai gudang mesiu.

3.4.3. Gua Jepang

Gua Jepang berada satu kawasan dengan Gua Belanda yaitu berada dalam pengelolaan Taman Hutan Rakyat (THR) dan keduanya menjadi satu paket kunjungan wisatawan domestik maupun internasional. Gua Jepang ini adalah salah satu gua yang masih terjaga keasliannya semenjak didirikan pada zaman penjajahan Jepang. Tentunya gua ini menjadi bukti sejarah di zaman penjajahan sebelum kemerdekaan, oleh karena itu Goa Jepang cukup ramai didatangi oleh wisatawan.

Goa Jepang merupakan bagian dari sejumlah goa lain yang dibuat Jepang, sepanjang tahun 1942 sampai 1945. Secara umum penjajah Jepang membuat goa untuk markas militer, gudang senjata, logistik, hingga pusat radio dan komunikasi. Sebelum adanya Goa Jepang, pemerintah Hindia Belanda pada 1812 juga membangun goa di wilayah tersebut. Lalu goa itu, dipakai oleh penjajah Jepang dalam mengoperasikan sistem kerja paksa, serta untuk mengonsolidasikan kebutuhan tantara Jepang. Banyak warga sipil yang dipekerjakan secara paksa atau romusha untuk membuat goa. Kekerasan, kelaparan, dan kematian yang terjadi di goa itu.

Saat pasukan Sekutu dan Belanda kembali merebut Bandung, banyak tentara Jepang yang tewas di dalam goa tersebut. Setelah kepergian Jepang dari Indonesia, goa ini sempat tidak terawat dan tertutup semak. Hingga akhirnya pada 1965 seorang warga sipil menemukan goa ini dan pemerintah mulai melakukan sedikit pemugaran. Pada 23 Agustus 1965 Gubernur Jawa Barat saat itu, Brigjen Purn. Mashudi pun



Gambar 3.10.
Pintu masuk gua Jepang

meresmikan arena Goa Jepang dan hutan sekitarnya, sebagai bagian dari Taman Wisata, dan berubah jadi Taman Hutan Ir. H Juanda sejak 14 Januari 1985. Kini, Goa Jepang dan Goa Belanda yang berada pada batuan ignimbrite menjadi penting dalam pengembangan Geowisata. Hal ini disebabkan batuan Ignimbrite adalah bukti letusan dahsyat Gunung Sunda Tua.

Secara geologi, Gua Jepang ini tersusun dari hasil endapan-endapan gunungapi, yaitu ignimbrit yang berasal dari aliran piroklastik Gunung Sunda Purba yang pernah meletus sekitar 105.000 tahun lalu. Litologi Goa Jepang termasuk bagian dari Formasi Cikapundung (Koesoemadinata dan Hartono, 1981), memiliki karakteristik berwarna segar abu-abu muda dan warna lapuk yaitu abu-abu kecoklatan, ukuran butir debu kasar <2mm, lapili 2mm-64mmn (sebagai massa dasar) dan , blok >100mm (sebagai fragmen). Memiliki massa dasar tuff kasar dan didominasi oleh lapilli. Sedangkan fragmen warna abu gelap terdiri dari scoria, berbentuk butir agak menyudut sampai menyudut, sortasi buruk, kemas terbuka, matrix supported, dan struktur vesikular. Terdapat pula fragmen andesitik berwarna segar abu tua, memiliki indeks warna yaitu mesocratic, ukuran butir porfiriafanitik, adanya mineral kuarsa dan Feldspar. Batuan pada Goa Jepang merupakan breksi vulkanik / Lapili breksi fragmen Scoria (Fischer, 1984).

3.4.4. Lava Pahoe-Hoe

Lava Pahoe-hoe (Diucapkan “pa-ho-ho”) ini sangat jarang ditemukan di Indonesia, Situs geologi penting ini diinterpretasikan sebagai sebuah struktur ekstrusif yang membentuk seperti anyaman-anyaman teratur atau seperti hasil cetakan tangan manusia dan bentuk ini sering dikaitkan dengan motif batik yang terjadi secara alamiah yang disebabkan oleh sifat lava yang cenderung basaltic, terbentuk pada temperatur yang tinggi, memiliki viskositas yang rendah, kemudian membeku dalam waktu yang relative lama (kecepatan aliran relatif lambat).

Situs Lava Pahoe-hoe yang berada di TAHURA ini terletak di lembah & tepi Sungai Cikapundung hulu, terdapat lebih dari 10 motif struktur lipatan-lipatan khas pada lava pahoe-hoe dan relatif mudah dijangkau. Lava Pahoe-hoe memiliki tekstur halus (afanitik), indeks warna mesocratic, berkomposisi andesit-basaltis dengan kandungan SiO₂ sekitar 56 - 59%. Terbentuknya kerutan-kerutan seperti tali (*ropy-like structure*) hanya mungkin jika lava terbentuk dalam kondisi yang relatif encer atau memiliki viskositas rendah.

Keberadaan Lava Pahoe-hoe dapat dijadikan sebagai sarana pembelajaran geologi yang penting, sehingga perlu dikonservasi (warisan geologi) Lava yang berada di TAHURA ini menyimpan nilai unik tersendiri yang tidak akan kita temukan di wilayah lain di Indonesia. Selain memiliki keunikan tersendiri, lava pahoe-hoe ini menjadi bukti sejarah geologi bahwa di Bandung pun pernah terjadi aliran lava berjenis pahoe-hoe seperti lava di Kepulauan Hawaii. Tidak hanya dari sisi geologi, Lava Pahoe hoe ini menyimpan Legenda yang sangat populer di Indonesia khususnya di Jawa Barat, yaitu Legenda Sangkuriang yang mengisahkan terbentuknya Gunung Tangkubanparahu dan Danau Bandung Purba.



Gambar 3.11. Lava Pahoe-Hoe di Bandung (Foto: Agustina Jafar, 2018)

3.4.5. Curug Lalay

Curug Lalay adalah rangkain akhir dari beberapa curug yang mengalir dari Sungai Cimahi. Bila diurut dari hulu ke hilir, beberapa curug tersebut adalah Curug Putri Layung, Curug Tilu, Curug Bugbrug, Curug Cimahi, Curug Panganten, dan Curug Lalay. Sumber mata air kelima curug tersebut beradal dari lereng Gunung Tangkuban Perahu yang berketinggian sekitar 1800 mdpl. Curug ini mempunyai ketinggian sekitar 30 m saja dan tersembunyi di lembah. Di babak kiri curug terdapat sebuah cerukan yang mirip goa, dimana di dinding goa ini banyak terdapat binatang Lalay yang berfaedah kelelawar dalam bahasa sunda, yang mana nama tersebut diambil.

Untuk menuju ke Curug Lalay tidaklah mudah karena curug ini tidak seterkenal curug yang lain dan jarang dikunjungi. Selain akses jalan menuju ke curug ini minim,

juga tidak adanya papan penunjuk. Satu-satunya penanda yang bisa diandalkan adalah plang Madrasah Ibtidaiyah Cisasawi, Desa Cihanjuang, Kecamatan Parongpong. Selain itu dianjurkan untuk banyak bertanya pada penduduk setempat keberadaan curug tersebut. Kondisi jalan menuju ke Curug Lalay ini hanya dapat dilalui dengan berjalan kaki melewati kebun penduduk, menyusuri sungai dan naik turun bukit dan lembah.

Gambar 3.12. Curug Lalay salah satu rangkaian curug di Syungai Cimahi.



3.4.6. Curug Omas

Curug omas merupakan curug yang cukup besar dengan aliran air terjunnya cukup tinggi, terbagi menjadi 3 aliran yang akan terlihat berbeda apabila dinikmati secara langsung. Seperti kita ketahui bahwa Curug adalah bahasa sunda dari air terjun. Curug Omas juga merupakan sebuah titik pertemuan dari dua aliran sungai yaitu sungai Cikawari dan sungai Cigulun. Kedua aliran sungai ini bertemu di satu titik dan nantinya akan bersatu menjadi aliran sungai Cikapundung Hulu.

Curug ini terbentuk akibat aliran lava yang bersifat basalt dan akhirnya mendingin. Karena pelepasan beban pada saat lava keluar ke permukaan (release) dan arah gaya bersifat tegak lurus dengan arah aliran sehingga membentuk morfologi kekar joint setinggi 30 m. Keunikan dari sisi sejarahnya yaitu dari penamaan curug omas itu sendiri. Menurut kamus Sunda lama omas berarti bilangan 400 atau bisa juga dipakai untuk mewakili sesuatu yang berjumlah banyak. Apabila jumlahnya lebih banyak lagi maka disebut “domas” (dari “dua omas). Kemungkinan hubungan kenapa diberikan nama omas ini karena jika dilihat dari Sungai Ci Gulung tampak terlihat banyak jeram yang dimana ujungnya ini berada di Curug Omas ini.

Kawasan Curug Omas bisa dikunjungi melewati dua buah pintu masuk, yaitu melalui daerah Dago Pakar dan melalui Maribaya. Jika masuk melalui gerbang Dago Pakar, tentunya harus melewati terlebih dahulu Terminal Dago dan meneruskan perjalanan ke arah Dago Pakar sampai menemukan gerbang Taman Hutan Raya Ir. H. Djuanda. Sedangkan bila masuk lewat gerbang Maribaya, tentu sebelumnya harus menuju pusat Kota Lembang dan mengambil arah ke Maribaya.



Gambar 13.13. Curug Omas dengan 3 aliran air terjun.

3.4.7. Curug Dago

Curug Dago merupakan air terjun yang batuanannya tersusun atas lava bersifat basaltis dan konglomeratik hasil dari produk Gunung Sunda Tua. Pada lapisan lava terdapat struktur kekar kolom (*columnar joint*) yang terbentuk karena proses pendinginan lava yang disertai tekanan. Curug Dago Kota Bandung Jawa Barat berada di ketinggian 800 meter di atas permukaan air laut dengan tinggi air terjun mencapai 12 meter. Air terjun ini terbentuk sebagai akibat aliran Sungai Cikapundung yang mengalir sepanjang area Maribaya hingga Kota Bandung.



Gambar 3.14. Curug Dago dengan dinding lava

Curug Dago ini menyimpan jejak sejarah bagi Kerajaan Thailand. Terdapat dua prasasti batu tulis peninggalan sekitar tahun 1818 didekat lokasi air terjun. Menurut para ahli sejarah, kedua prasasti tersebut konon merupakan peninggalan Raja Rama V (Raja Chulalongkorn) dan Raja Rama VII (Pradjathipok Pharaminthara) dari dinasti Chakri yang pernah berkunjung ke Curug Dago. Sekitar tahun 1896 Raja Rama V berkunjung ke Curug Dago yang diikuti kunjungan kedua di tahun 1901. Raja Rama V menulis paraf dan tahun Rattanakosin, Era 120 (Bangkok) di atas prasasti

pada kunjungan kedua tersebut. Di batu prasasti lain ada juga ukiran nama Raja Prajadipok atau Raja Rama VII yang berasal dari Kerajaan Thailand juga. Raja Rama VII berkunjung ke Curug Dago di tahun 1929. Air terjun ini memiliki dinding berupa lava dengan struktur menyerupai tiang. Hal itu memberikan keindahan tersendiri pada air terjun ini.

3.4. 8. Gunung Batu

Gunung Batu Lembang merupakan salah satu situs geologi penting di kawasan Cekungan Bandung bagian utara. Gunung yang berada di ketinggian 1292 mdpl terbentuk dari pembekuan magma Gunung Sunda Purba dan salah satu landscape dari patahan/sesar lembang. Sesar Lembang adalah salah satu bukti geologis dan ekspresi geomorfologi yang jelas dari aktivitas neotektonik di Cekungan Bandung Utara. Selain pengaruh tektonik, aktivitas Sesar Lembang dipengaruhi juga oleh aktivitas vulkanisme Gunung Sunda ketika pembentukan kaldera Gunung Sunda berlangsung.

Selama ini, Gunung Batu digunakan sebagai lahan stasiun pencatatan gempa bumi yang di kelola Badan Geologi dan sebagai tempat kunjungan kuliah lapangan mahasiswa ilmu kebumih dan peserta Diklat yang dilaksanakan oleh Pusdiklat Geologi atau kini PPSDM Geominerba Kementerian ESDM, serta menjadi tempat panjat tebing. Seiring kontroversi tentang keaktifan Sesar Lembang membuat masyarakat Bandung bahkan nasional penasaran dan berkeinginan mengunjunginya untuk mengenal lebih dekat dan memahaminya lebih mendalam.

Gunung Batu menjadi lokasi ideal untuk dikunjungi karena pertimbangan estetika dan aksesibilitas yang mudah dijangkau sehingga yang awalnya dikunjungi sebagai objek penelitian, lambat laun berubah menjadi objek geowisata yang banyak diminati. Sayangnya Gunung Batu yang fenomenal ini belum dikelola secara resmi oleh Pemerintah Kabupaten Bandung Barat maupun oleh Pemerintah Provinsi Jawa Barat. Jika dilihat dari potensinya, Gunung Batu layak dijadikan objek Geowisata atau menjadi salah satu geosite dalam pengembangan Geopark Nasional Gunung Sunda.

Gambar 3.15. Sesar Lembang terletak kurang lebih 10 km di utara Kota Bandung yang melintasi Kota Kecamatan Lembang dengan panjang sekitar 22 km berarah barat-timur.





Gambar 3.16. Panorama Gunung Batu

Gunung Batu menjadi pilihan wisatawan, selain mudah di akses juga dapat menikmati panorama alam ke berbagai arah. Ke arah utara dapat menikmati panorama Kota Lembang, Gunung Tangkuban Parahu, dan Gunung Burangrang. Ke arah Timur dapat menikmati panorama Gunung Bukittunggul, Gunung Manglayang, Kelurusan Sesar Lembang itu sendiri yang berakhir di Gunung Palasari. Panorama ke arah Barat hampir sama dengan ke arah timur yaitu kelurusan Sesar Lembang. Panorama ke arah Selatan aalah hamparan Kota Bandung indah dan eksotik yang berada di inti Cekungan Bandung dengan latarbelakang jajaran pegunungan di selatan Cekungan Bandung, seperti panorama Gunung Malabar, Gunung Patuha, Gunung Guntur, dan gunung-gunung lainnya. Bila beruntung dalam kondisi cuaca yan cerah panorama uap panasbumi Kamojang dan Drajat akan menambah keeksotisan kawasan Cekungan Bandung. Tentunya, semua itu menjadi spot untuk penyaluran hobi fotografi.

Dengan semakin banyaknya wisatawan yang berkunjung ke Situs geologi Gunung Batu, maka sebaiknya pemerintah daerah melakukan komunikasi dengan pemangkukepentingan di wilayah tersebut agar kegiatan geowisata dapat dikelola dengan baik. Apalagi situs geologi penting ini segera diusulkan kepada Badan Geologi, KESDM untuk ditetapkan sebagai Kawasan Cagar Alam Geologi (KCAG) agar pemanfaatannya sebagai objek geowisata legal secara hukum.

3.4.9. Tebing Keraton

Seperti halnya Gunung Batu, Tebing Keraton adalah salah satu landscape dari patahan/sesar lembang di bagian timur, tepatnya berada di Kampung Ciharegem Puncak di desa Ciburial. Hanya saja Tebing ini telah menjadi tempat wisata favorit warga yang ada di wilayah Cekungan Bandung, karena menjadi sebuah tinggian yang menampilkan pemandangan kota Bandung yang indah dan eksotis apabila berdiri di atasnya dan menikmati terbit dan tenggelamnya matahari, serta berada di kawasan wisata Taman Hutan Raya Ir. Djuanda yang kaya dengan keberagaman pohon-pohon hijau serta jauh dari polusi udara sehingga udaranya terasa sejuk dan menyegarkan. Terdapat beberapa macam flora yang dapat ditemui di kawasan, diantaranya: Mahoni Uganda, Bunga Bangkai, Cemara Sumatera, Meranti, Pohon Sosis, Eucalyptus.

Keunikan geologi yang ditampilkan Tebing Kraton, dapat dipahami melalui peta

pola struktur dan pola penyebaran gunungapi aktif di daerah Cekungan Bandung bagian utara yang menunjukkan wilayah ini secara dominan terbentuk dari endapan vulkanik Kuartar yang terbentuk oleh rangkaian gunungapi aktif pada ujung segitiga bagian utara ketika Gunung Sunda mengalami keruntuhan yang diikuti oleh penyesaran berarah barat-timur. Hal menarik dari posisi Tebing Kraton adalah berkaitan dengan pola sesar lembang yang keberadaan gaya vertikal atau gaya tegak lurus (Gambar 13.17) dan diduga berasal dari batuan dasar yang kemungkinan berbentuk benua kecil bawah Cekungan Bandung.



Gambar 3.17. Tebing keraton dari kejauhan (Foto: Indah Andini, 2020)

Keindahan kota Bandung dari ketinggian tebing keraton ini sangat istimewa dan menjadi daya tarik tersendiri untuk wisatawan. Selain itu, di lokasi Tebing Kraton masih dikelilingi hamparan hutan yang hijau dan seringkali diselimuti kabut putih. Dari atas tebing inilah banyak wisatawan mengabadikan momen dengan berfoto berlatar belakang hutan tersebut. Karena pohon-pohon yang berada di bawah yang menjulang tinggi tersebut tampak seperti permadani hijau yang terhampar dan terlihat sangat cantik dan instagramable. Saking indahnya dan eksotisnya, tebing ini menggeser kepopuleran aneka wisata alam yang ada di wilayah Cekungan Bandung dan dikenali pula dengan sebutan Tebing Instagram.

Banyak orang yang mengira bahwa bukit ini hanya menyuguhkan perbukitan dan hutan saja. Namun sebenarnya bukit ini memiliki pemandangan matahari yang terbit dari belakang Gunung Guntur, terutama saat cuaca terlihat cerah dapat melihat pancaran sinar matahari dari sela-sela pepohonan hutan yang benar-benar terlihat cantik dan menikmati pemandangan matahari saat tenggelam tanpa ada halangan

gedung ataupun pepohonan. Saat itu, warna orange hingga kemerahan berpadu dengan lebatnya hutan tampak sangat eksotis. Tak salah jika tempat ini di nobatkan sebagai lokasi wisata terindah di wilayah Cekungan Bandung Jawa Barat.

3.4.10. Kawah Gunung Tangkubanparahu

Gunung Tangkubanparahu yang merupakan salah satu objek wisata alam yang sangat terkenal di kawasan Cikole, Kecamatan Lembang Kabupaten Bandung Barat, memiliki ketinggian \pm 2.048 Mdpl. Gunung ini masih dikatakan sebagai gunungapi aktif karena sering terjadi erupsi (letusan) walaupun tidak besar. Dan tercatat terakhir aktif kembali yaitu sekitar tahun 2015.

Legenda Sangkuriang lah salah satu yang membuat Gunung Tangkubanparahu menjadi sangat terkenal. Karena cerita rakyat setempat ini berkaitan dengan penamaan Tangkuban Parahu sebagai sebuah gunung. Cerita itu mengisahkan seorang pemuda bernama Sangkuriang jatuh cinta kepada ibunya, yaitu Dayang Sumbi. Untuk menggagalkan niat anaknya menikahinya, Dayang Sumbi mengajukan syarat, salah satunya Sangkuriang harus membuat perahu dalam semalam. Saat menyadari usahanya untuk memenuhi syarat itu gagal, Sangkuriang marah dan menendang perahu itu, sehingga mendarat dalam keadaan terbalik. Perahu inilah yang kemudian membentuk Gunung Tangkubanparahu.



Gambar 3.18. Ilustrasi Legenda Sangkuriang, (Karya: Ayi R. Sacadipura)

Selain Legenda Sangkuriang, keterkenalan Gunung Tangkubanparahu juga dikarenakan memiliki beberapa kawah yang indah, diantaranya yang paling populer adalah Kawah Ratu, Kawah Upas, dan Kawah Domas.

- Kawah Ratu, merupakan kawah terbesar yang dimiliki Gunung Tangkubanparahu dan mudah dijangkau dan begitu sampai di lokasi dapat langsung melihat dasar kawah yang mengeluarkan uap panas dan dinding kawah dengan warna yang beragam antara warna putih, kuning belerang, dan abu-abu. Batu-batuan di lokasi tempat wisatawan berada dalam keadaan kering dan gersang, hanya pohon cantigi dan beberapa pohon lainnya yang terlihat bertahan hidup.
- Kawah Upas, terletak di sebelah Kawah Ratu. Tetapi, untuk dapat melihat kawah ini harus melalui jalan yang berbahaya, harus melewati jalan yang berpasir untuk mencapai kawah ini. Maka, sangat jarang pengunjung yang datang melihat kawah ini. Bentuk Kawah Upas berbeda dengan Kawah Ratu. Kawah Upas lebih dangkal dan mendatar sehingga wisatawan dapat menjelajahi dan mendekati aktivitas vulkanik. Walaupun membahayakan, namun dengan pengaturan dan pengawasan para ranger risiko kecelakaan dapat diminimalisasi bahkan dihindarkan.
- Kawah Domas, terletak lebih bawah daripada Kawah Ratu. Dapat ditemui melalui jalan baru setelah menemukan pintu gerbang menuju Kawah Domas sebelum menuju Kawah Ratu. Jika pada Kawah Ratu hanya terlihat dari kejauhan, pada Kawah Domas dapat lebih dekat melihat kawah. Bahkan, dapat melakukan aktraksi merebus telur dengan memasukkannya ke dalam kawah.

Bentangalam Gunung Tangkubanparahu berada pada bagian tengah kaldera Sunda dan membentuk morfologi Kerucut strato aktif dengan sebaran kawah-kawah membentang berarah barat-timur. Secara keseluruhan, kawah-kawah utama terletak di daerah puncak dan beberapa lainnya terletak di lereng timur. Kerucut strato aktif ini tersusun dari selang-seling lava dan piroklastik dan di bagian puncak berupa endapan freatik.



Gambar 3.19. Kawah ratu, salah satu kawah yang sering dikunjungi wisatawan domestik maupun mancanegara.

Menurut Kartadinata (2005), Gunung Tangkubanparahu dikenali sebagai fase termuda dari dua sistem vulkanisme Gunung Sunda yang terjadi sekitar 200 ribu dan 90 ribu tahun yang lalu. Walaupun aktivitas letusan berskala kecil terjadi setelah pembentukan kaldera, Tangkubanparahu tetap masih menyimpan misteri untuk kembali menghasilkan letusan bersekala besar pada masa yang akan datang. Fenomena ini perlu diantisipasi secara efektif dan berkelanjutan agar tidak menimbulkan dampak negatif terhadap kehidupan manusia dan lingkungan di sekitarnya, apalagi dengan meningkatnya populasi penduduk, pemukiman, investasi, dan aktivitas sosio-ekonomi lainnya di sekitar Tangkubanparahu dapat meningkatkan nilai kerentan (*vulnerability*) sehingga menjadi multiple faktor terhadap tingkat risiko bencana. Oleh karena itu kewaspadaan terhadap kemungkinan letusan yang besar perlu program mitigasi yang efektif dan berkelanjutan.

3.4.11. Mata Air Panas Maribaya

Daerah Maribaya terletak sekitar 22 km dari pusat Kota Bandung dan berdekatan dengan Lembang. Maribaya yang berlokasi di Lembang. Maribaya ini terkenal sebagai tempat wisata alam yang memiliki hutan yang indah dan sumber mata air panas belerang. Sehingga banyak dikunjungi, selain karena keelokan keanekaragaman hutannya, juga adanya mata air yang dimanfaatkan untuk berendam, karena masyarakat mempercayai bahwa airpanas Maribaya dapat menyembuhkan berbagai penyakit dan juga dapat membuat kulit menjadi mulus.

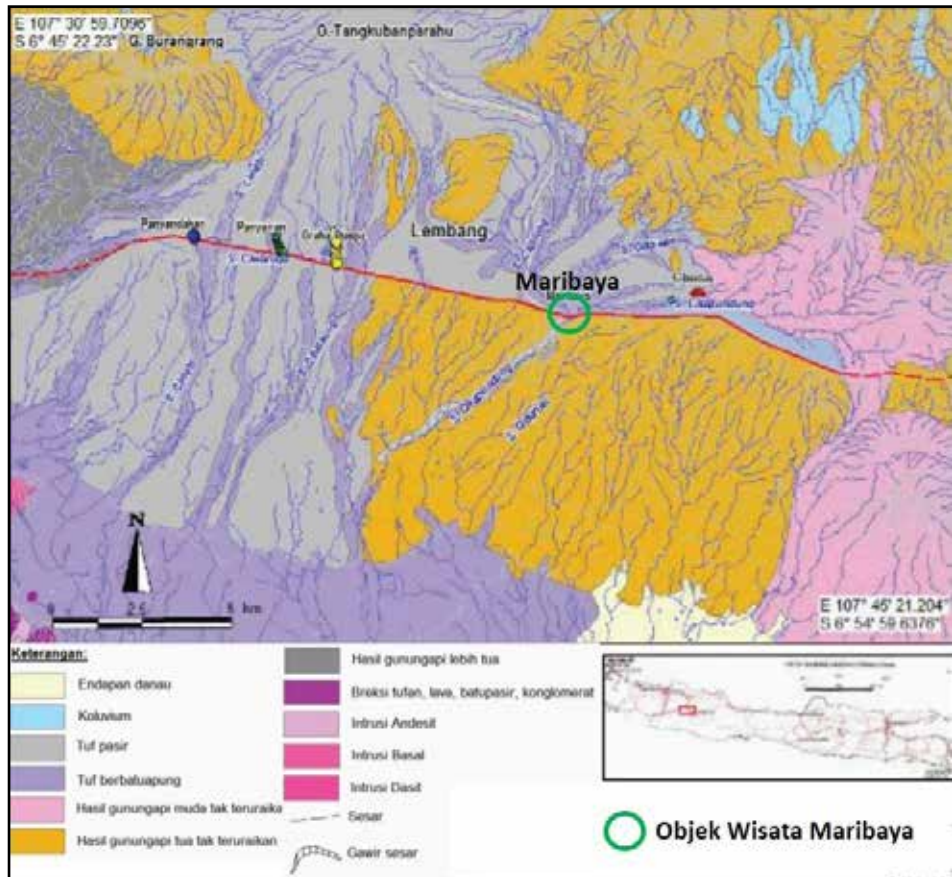
Geomorfologi kawasan Maribaya dan sekitarnya terletak dalam kawasan Cekungan Bandung yang hampir dikelilingi oleh jajaran kerucut gunung api berumur Kuartar, di antaranya di sebelah utara terdiri atas kompleks Gunung Burangrang Sunda Tangkubanparahu, Gunung Bukittunggul, tinggian batuan gunung api Cupunagara, Gunung Manglayang, dan Gunung Tampomas. Sedangkan, lokasi Maribaya itu sendiri berada pada satuan perbukitan curam dengan kemiringan lereng lebih dari 70% yang membentang di sepanjang Sungai cikapundung dan Curug Dago. Secara genetis hal ini diakibatkan sifat kekerasan batuan yang tinggi.

Secara stratigrafi, yang mengalasi batuan gunung api Kuartar di daerah Bandung utara ini adalah batuan sedimen berumur Tersier yang di permukaan terwakili oleh Formasi Rajamandala (Sudjatkiko, 1972). Formasi itu tersusun oleh batugamping, napal, batulempung, dan batupasir kuarsa. Litologi daerah Maribaya di dominasi oleh Endapan Vulkanik Kuartar (Qvu) yang umumnya terdiri atas breksi vulkanik, tuff, endapan lahar dan aglomerat. Sifat batuanannya sedikit kompak dan cukup permeabel. Sehingga, perpotongan antara isotop stabil pada daerah Maribaya dengan garis meteoric global mengindikasikan fluida reservoir pada daerah Maribaya mengalami interaksi dengan batuan dasar atau dengan air meteoric. Interaksi ini diinterpretasikan sebagai interaksi fluida dengan Formasi Rajamandala yang mengalasi satuan batuan Gunung Api Kuartar di wilayah Maribaya dan sekitarnya.

Keadaan geologi struktur wilayah Maribaya dan sekitarnya erat kaitannya dengan Sesar Lembang yang membentang dari Timur ke Barat Maribaya yang berada di

dasar yang tersusun oleh pluton granit dan batuan malihan (Martodjojo, 2003). Sifat anomali ini menjadi menarik bagi para ahli kebumih dan mereka terus mengamati, apalagi menurut Marjiono, dr., (2008) bahwa sesar Lembang termasuk katagori sesar aktif.

Walaupun, di lokasi Maribaya muncul manifestasi panasbumi berupa mataair panas, namun berdasarkan hasil analisis geokimia fluida yang dilakukan Extivonus K.Fr (2014), menunjukkan bahwa manifestasi panasbumi daerah Maribaya tidak berprospek untuk dijadikan kawasan pengembangan geothermal. Hal ini didasarkan pada berbagai analisis pada daerah penelitian yang tidak menunjukkan kualitas



Gambar 3.14 Peta Geologi Cekungan Bandung Utara dan lokasi objek Geowisata Maribaya (Sumber: Edi Hidayat, 2009).

tebing sesar Lembang menjadi tempat keluarnya mataair panas dan adanya air terjun merepresentasikan adanya patahan pada batuan. Secara regional sesar Lembang yang berarah barat-timur ini bersifat anomali (Gambar 13.14), karena pola kelulusannya tidak mengikuti pola sesar arah Meratus (timurlaut-baratdaya) dan pola sesar arah Sumatra (baratlaut-tenggara), yang keduanya dikontrol oleh sesar pada batuan

reservoir panasbumi yang baik seperti temperature reservoir rendah, berkisar $<100^{\circ}\text{C}$ serta kelimpahan ion-ion terlarut seperti Mg^{2+} , Ca^{2+} yang cukup tinggi dan dapat memicu adanya pengendapan atau scaling pada pipa pemboran apabila dilakukan upaya pengembangan. Namun, untuk kegiatan pariwisata sangat mendukung, apalagi dikaitkan dengan fenomena sesar Lembang yang terkait dengan adanya air terjun sangat menarik sebagai objek pembelajaran dalam kegiatan geowisata.

BAB 4

DI BALIK PESONA BENTANGALAM SESAR UTAMA DI WILAYAH CEKUNGAN BANDUNG

Kontributor:

Kurniah, Edi Hidayat, Ibrahim Mandi, J.B. Januar,
Dian Saputra, dan Supartoyo

Memang dari kenampakannya wilayah tinggian Cekungan Bandung terlihat sangat mengekspresi geomorfologi yang jelas dari aktivitas neotektonik di Cekungan Bandung. Beberapa ahli ilmu kebumian khususnya di bidang geologi struktur, berhasil mengidentifikasi beberapa sesar yang terdapat di Cekungan Bandung, diantaranya adalah Sesar Lembang, Sesar Cimandiri, Sesar Malabar, Sesar Baleendah, Sesar Patuha, Sesar Kendang, Sesar Rajamandala, Sesar Tanjungsari-Cileunyi, Sesar Cicalengka, Sesar Jati, Sesar Citarum dan sesar Legok Kole. Di antaranya berupa sesar naik dan sesar normal berarah hampir barat-timur yang berada di bagian selatan dataran Bandung. Daerah-daerah vulkanik Pleistosen yang lebih tua dan bahkan vulkanik Tersier mengalami level erosi yang cukup dalam akibat pengaruh sesar-sesar tersebut. Sedangkan elemen struktur geologi yang lebih tua sebagian tertutup oleh material vulkanik dan sedimentasi. Diantara sesar-sesar yang ada di wilayah Cekungan Bandung, Sesar Lembang sangat di kenal oleh masyarakat karena keberadaannya sangat menarik terutama bentuk bentang alam yang memperlihatkan gawir sesar (*fault scarp*) sepanjang 21 km dengan dinding gawir menghadap ke arah utara (Lembang) dan secara geologi struktur masih menimbulkan kontroversi sehingga banyak para ahli ilmu kebumian sejak dulu hingga kini terinspirasi melakukan penelitian.

4.1. MORFOTEKTONIK

Kajian Morfotektonik di wilayah Cekungan Bandung khususnya di wilayah pegunungan bertujuan mengidentifikasi dan menginventarisasi semua data dan informasi secara rinci sehingga sebaran kenampakan ekspresi morfologi yang diakibatkan oleh kegiatan tektonik (gempabumi yang mempengaruhi struktur sesar, baik sesar yang aktif maupun pasif) dapat ditampilkan dalam bentuk Peta Morfotektonik Skala 1 : 25.000. Peranan morfotektonik adalah mengontrol geomorfologi DAS yang dilatarbelakangi oleh kondisi geologi di daerah yang diteliti, diantaranya keberadaan batuan yang menyusun DAS di Cekungan Bandung mempunyai umur yang berbeda-beda, menandakan sistem tektonik yang bekerja tidak selalu sama. Peta ini selain dibutuhkan dalam analisis geologi lingkungan sebagai dasar dalam memberikan masukan/saran bagi penentu kebijakan yang berkaitan dengan pengembangan wilayah dan mitigasi bencana.

4.1.1. Morfotektonik Pegunungan Bandung Selatan

4.1.1.1. Sinusitas Muka Pegunungan

Sinusitas muka pegunungan merupakan rangkaian pegunungan yang terdapat pada bagian depan atau muka yang menghadap ke dataran. Muka pegunungan tersebut merupakan kumpulan kenampakan bentang alam yang terdiri dari gawir sungai yang mengikis tersebut dalam bentuk lahan baru. Muka pegunungan pada umumnya merupakan bidang sesar atau zona sesar dan dapat terbentuk pada semua jenis sesar, sesar naik, sesar normal maupun sesar mendatar.

Sinusitas Muka Pegunungan (S_{mf}) adalah merupakan perbandingan antara Panjang lekukan muka pegunungan bagian bawah dengan jarak lurus muka pegunungan

$$S_{mf} = L_{mf} / L_s$$

Keterangan :

- S_{mf} : Sinusitas Muka Pegunungan
- L_{mf} : Panjang lekukan muka pegunungan bagian bawah
- L_s : Jarak lurus muka pegunungan

S_{mf} merupakan nilai yang mencerminkan keseimbangan antara gaya/kekuatan erosi yang cenderung memotong sepanjang muka pegunungan sehingga membentuk lekukan-lekukan dan gaya/kekuatan tektonik yang secara langsung menghasilkan muka pegunungan yang bersesuaian dengan zona patahan aktif

S_{mf} dengan nilai rendah berkaitan dengan aktifitas tektonik aktif berupa pengangkatan secara langsung. Apabila kecepatan pengangkatan berkurang, maka proses erosi akan berlangsung dan akan mengikis muka pegunungan secara tak beraturan dan nilai S_{mf} akan semakin bertambah.

Smf sangat mudah untuk dihitung dari peta topografi atau foto udara dengan skala besar dan resolusi tinggi. Apabila menggunakan skala kecil, maka lekukan muka pegunungan yang berbentuk tidak teratur tidak akan tercermin dengan baik.

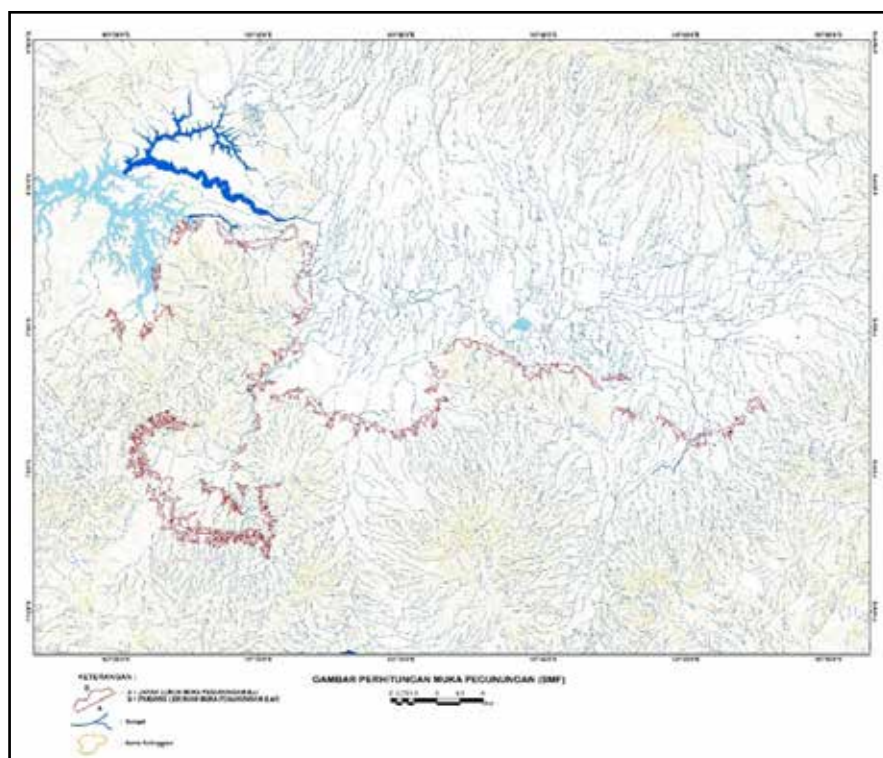
Smf nilai berkisar 1 (satu) mengindikasikan aktivitas tektonik tinggi (Bull dan Mc Fadden, 1977 ; Zovoili, Konstantinidi dan Koukouvelas, 4004 ; Gurbuz dan Gerer, 2008).

Kelas Tektonik berdasarkan Analisis Parameter Morfometri (APM) (El Hamdouni dkk, 2007 ; Dehbozorgi dkk, 2010)

APM	Klas 1	Klas 2	Klas 3
Smf	$Smf < 1,1$ (lebih aktif)	$1,1 \leq Smf < 1,5$ (aktif)	$Smf \geq 1,5$ (kurang aktif)

Peta Sebaran Perhitungan Sinusitas Muka Pegunungan di Daerah Kajian dapat dilihat pada Gambar 3.4.

Dari data yang didapat, maka Sinusitas Muka Pegunungan (Smf) masing-masing daerah tinggian, sebagai berikut:

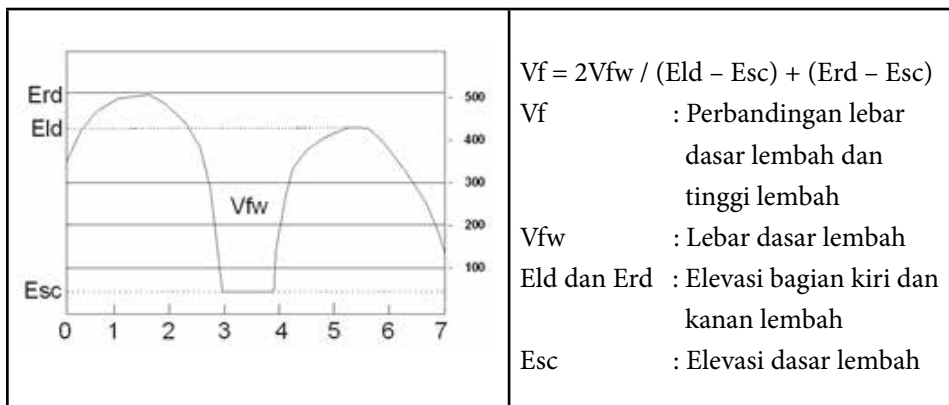


Gambar 4.1. Peta Sebaran Perhitungan Sinusitas Muka Pegunungan

- Daerah tinggian disekitar SubDAS Pasir Jambu menunjukkan bahwa daerah ini mempunyai nilai Smf mulai dari 1,18429796, namun keaktifitasannya tidak tergolong meluas namun lebih dominan dengan nilai Smf diatas $\geq 1,5$ sehingga daerah tinggian dimna SubDAS ini berada merupakan Daerah yang kurang aktif;
- Daerah tinggian disekitar SubDAS Cililin menunjukkan bahwa daerah ini mempunyai nilai Smf mulai dari 1,196488371, namun keaktifitasannya tidak tergolong meluas namun lebih dominan dengan nilai Smf diatas $\geq 1,5$ sehingga daerah tinggian dimna SubDAS ini berada merupakan Daerah yang kurang aktif.
- Daerah tinggian disekitar SubDAS Banjaran dan Ibum menunjukkan bahwa daerah ini mempunyai nilai Smf mulai dari 1,369641069, namun keaktifitasannya tidak tergolong meluas namun lebih dominan dengan nilai Smf diatas $\geq 1,5$ sehingga daerah tinggian dimna SubDAS ini juga Daerah yang sinusitas muka pegunungan yang kurang aktif.

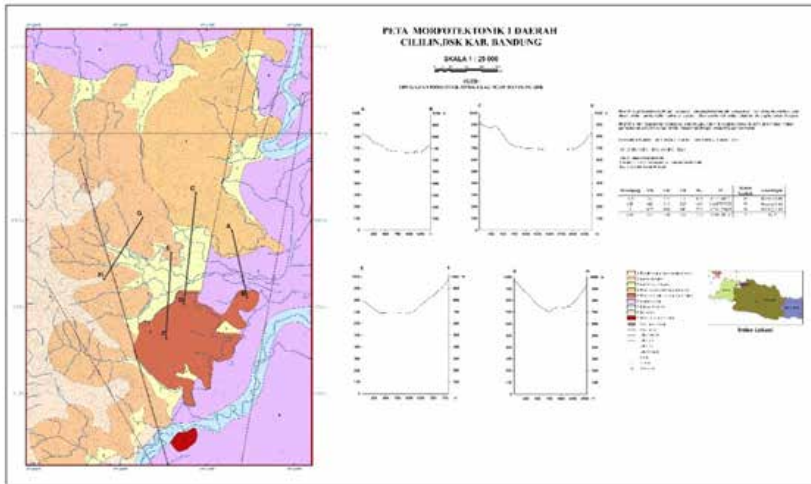
4.1.1.2. Derajat Kegiatan Tektonik (Vf)

Derajat Kegiatan Tektonik adalah merupakan perbandingan antara Lebar Dasar Lembah dan Tinggi Lembah dengan rumus :



No	Nilai Vf	Keterangan
1	Vf tinggi	Nilai Vf tinggi berasosiasi dengan kecepatan pengangkatan rendah, sehingga akan memotong secara luas pada dasar lembah dan bentuk lembah akan semakin lebar dan bentuk lembah akan cenderung berbentuk huruf U
2	Vf rendah	Nilai Vf rendah akan merefleksikan lembah yang dalam, lembah berbentuk huruf V dan mencerminkan penambahan aktivitas sungai, hal ini berasosiasi dengan kecepatan pengangkatan

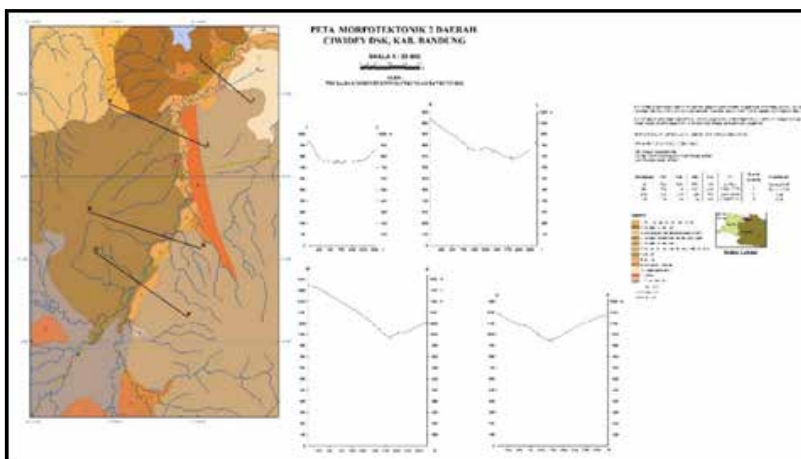
A. Daerah Cililin sekitarnya, Kab. Bandung



Gambar 4.2. Peta Morfotektonik Cililin dsk Kab. Bandung

Penampang	Vfw	Erd	Eld	Esc	Vf	Bentuk Lembah	Keterangan
AB	750	835	738	670	6,43776824	U	Kurang Aktif
CD	625	915	828	680	3,263707572	U	Kurang Aktif
EF	625	980	800	700	3,289473684	U	Kurang Aktif
GH	250	970	925	700	1,01010101	V	Aktif

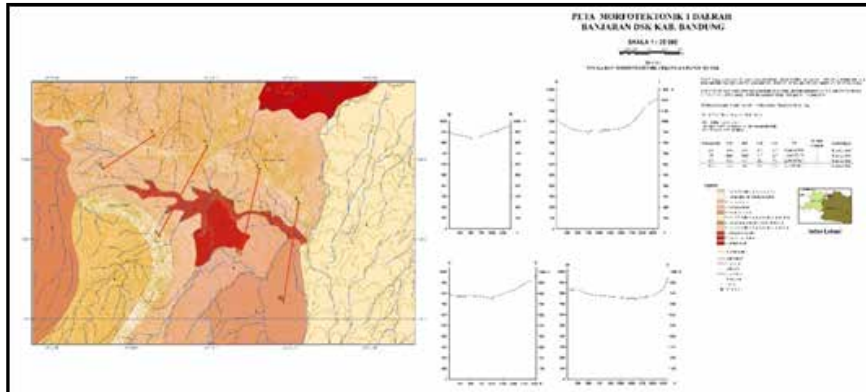
B. Daerah Ciwidey dsk, Kab. Bandung



Gambar 4.3. Peta Morfotektonik Ciwidey dsk Kab. Bandung

Penampang	Vfw	Erd	Eld	Esc	Vf	Bentuk Lembah	Keterangan
IJ	925	950	890	760	5,78125	U	Kurang Aktif
KL	550	1160	950	820	2,340425532	U	Kurang Aktif
MN	575	1330	1020	890	2,01754386	V	Aktif
OP	350	1190	1160	950	1,555555556	V	Aktif

C. Daerah Banjaran dsk, Kab. Bandung



Gambar 4.4. Peta Morfotektonik Banjaran dsk Kab. Bandung

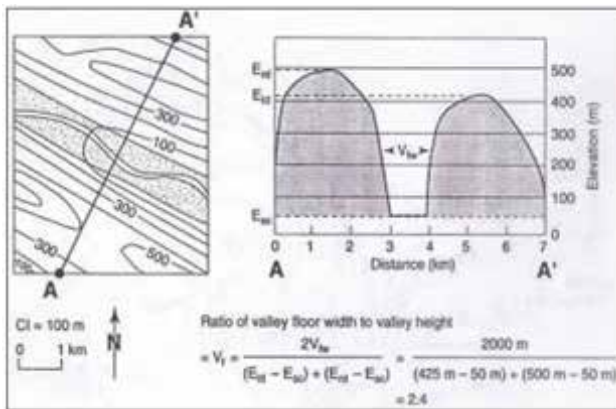
Penampang	Vfw	Erd	Eld	Esc	Vf	Bentuk Lembah	Keterangan
QR	450	968	910	860	5,696202532	U	Kurang Aktif
ST	1000	1105	910	800	4,819277108	U	Kurang Aktif
UV	325	990	820	770	2,407407407	U	Kurang Aktif
WX	525	940	838	750	3,776978417	U	Kurang Aktif

4.1.2. Morfometri Non Das Di Cekungan Bandung Utara

Keadaan morfotektonik di bagian Cekungan Bandung bagian utara mengacu pada hasil penelitian Edi Hidayat (2015) yang memfokuskan pada keadaan morfometrik Sesar Lembang. Dalam penelitian morfotektonik ini menggunakan dua parameter, yaitu: (1) perhitungan morfometri dengan data dasar berupa citra Aster dan peta digital skala 1:25.000 yang kemudian diperoleh dengan Sistem Informasi Geografi (SIG); dan (2) analisis endapan sagpond. Beberapa indikasi geomorfik penting yang digunakan untuk studi tektonik aktif yang selanjutnya digunakan untuk perhitungan morfometri adalah Perbandingan lebar dasar lembah dan tinggi lembah (*ratio of valley floor width to valley height*), dengan persamaan:

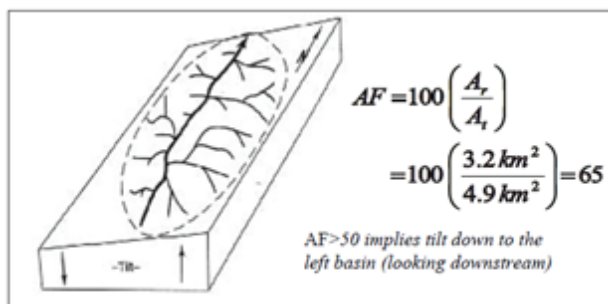
$$Vf = 2 V_{fw} / (E_{ld} - E_{sc}) + (E_{rd} - E_{sc})$$

V_{fw} adalah lebar dasar lembah, E_{ld} dan E_{rd} adalah elevasi bagian kiri dan kanan lembah, E_{sc} adalah elevasi dasar lembah. Gambar 2 menjelaskan metode perhitungan V_f . Nilai V_f tinggi berasosiasi dengan kecepatan pengangkatan rendah, sehingga sungai akan memotong secara luas pada dasar lembah dan bentuk lembah akan semakin melebar. Sementara itu, nilai V_f rendah akan merefleksikan lembah dalam dan mencerminkan penambahan aktivitas sungai. Hal ini berasosiasi dengan kecepatan pengangkatan. Metode ini juga telah diterapkan untuk menganalisis tektonik aktif di zona Sesar Garlock daerah California. Nilai V_f berkisar antara 0,05–47. Nilai V_f rendah dijumpai pada lembah bagian utara zona Sesar Garlock yang diasumsikan bahwa aktivitas tektoniknya lebih kuat/aktif dibanding daerah lainnya.



Gambar 4.5.. Metode perhitungan perbandingan lebar dan tinggi lembah (V_f)

Asimetri cekungan pengaliran (Gambar 4.6) dapat memberikan informasi deformasi tektonik aktif dengan membedakan pola dan geometri. Faktor asimetri (AF) merupakan salah satu analisis kuantitatif cekungan pengaliran untuk mendeteksi kemiringan tektonik (*tectonic tilting*), baik pada skala cekungan pengaliran kecil maupun luas wilayah.



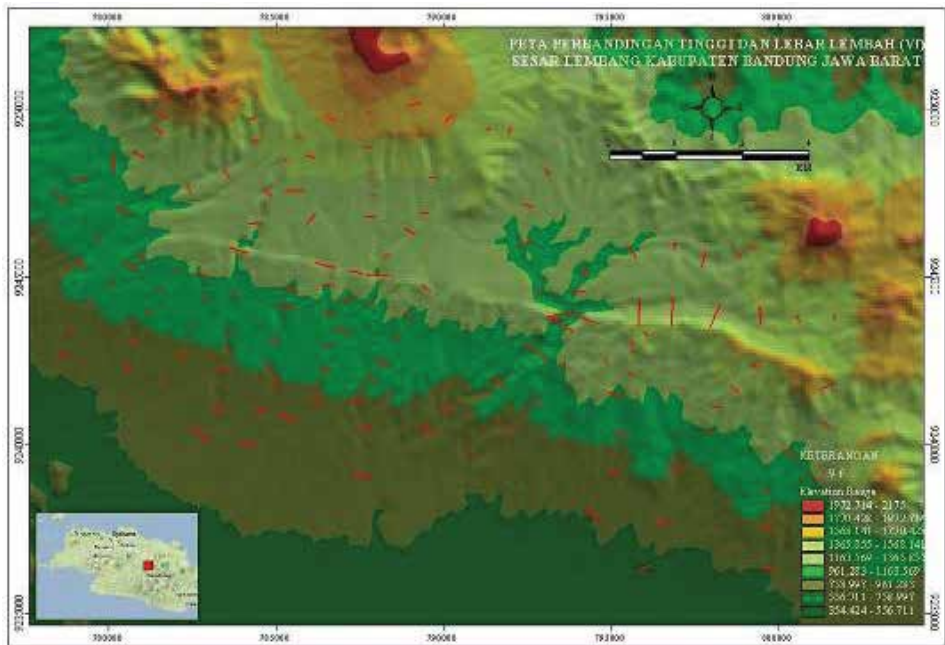
Gambar 4.6. Metode perhitungan faktor asimetri.

Metode lain yang digunakan Edi Hidayat (2015) dalam penelitian ini adalah menganalisis stratigrafi pada endapan sagpond yang terletak di sepanjang Sesar Lembang. Untuk menentukan lokasi keberadaan sagpond di sepanjang Sesar Lembang, sebelumnya dilakukan deliniasi dengan menggunakan foto udara/citra

landsat. Setelah mendapatkan titik-titik lokasi yang diduga merupakan lingkungan sagpond, selanjutnya dilakukan pengeboran tangan (handbor). Dari stratigrafi sagpond diharapkan akan diperoleh bukti rekaman perulangan sekuen sagpond yang mencerminkan aktivitas pergerakan sesar. Banyaknya lapisan paleosol pada endapan sagpond akan menjadi bukti pergerakan dari Sesar Lembah yang telah terjadi di masa yang lalu.

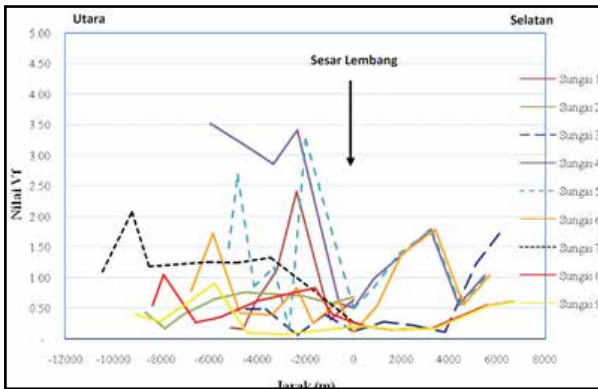
4.1.2.1. Perhitungan perbandingan lebar dasar lembah dan tinggi lembah

Dalam melakukan penelitian, Edi Hidayat (2015) mengawalinya dengan menentukan lokasi perhitungan perbandingan lebar dasar lembah dan tinggi lembah (nilai Vf) pada Sesar Lembah dilakukan pada lembah sungai mulai dari hulu sampai ke muara dan menyebar daribarat ke timur (Gambar 4.7).



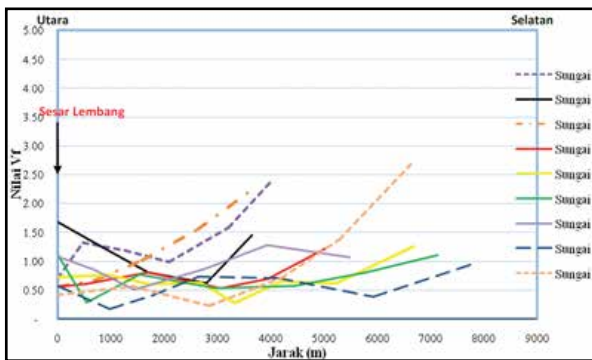
Gambar 4.7. Peta yang menunjukkan lokasi perhitungan perbandingan lebar dasar lembah dan tinggi lembah pada Sesar Lembah yang di overlap dengan Peta DEM.

Grafik perhitungan perbandingan lebar dasar lembah dan tinggi lembah (Gambar 4.8) memperlihatkan adanya suatu pola berupa perubahan nilai yang semakin kecil ketika sungai memotong gawir Sesar Lembah (Lokasi 3, 4, 5, 6, 7, 8, dan 9). Nilai tersebut merefleksikan adanya lembah yang curam dan dalam akibat sungai mengerosi bagian dasar pada blok selatan. Selanjutnya nilai Vf bertambah besar setelah melewati gawir sesar menuju muara. Hal ini tentunya berhubungan dengan aktivitas tektonik yang terjadi pada Sesar Lembah.



Gambar 4.8. Grafik hasil perhitungan perbandingan lebar dasar lembah dengan tinggi lembah pada sungai yang berhulu di utara Sesar Lembang

Sungai dengan hulu berada di gawir sesar blok selatan menunjukkan nilai Vf yang kecil (Gambar 4.9). Pada bagian barat blok selatan nilai tersebut merupakan respons dari lembah yang curam dan dalam dengan lebar lembah yang sempit akibat erosi vertikal yang jauh lebih besar daripada erosi horizontal. Proses ini akan terjadi pada daerah yang mengalami pengangkatan yang besar, dan hal ini terjadi di bagian barat blok selatan. Sementara itu, di bagian timur terutama lokasi 17 dan 18, nilai Vf yang kecil lebih dipengaruhi oleh faktor litologi pada daerah tersebut yang lebih keras dan lebih resisten (breksi dan lava) sehingga menjadikan bagian lembah sungai pada daerah ini terlihat curam dengan lebar lembah yang sempit.



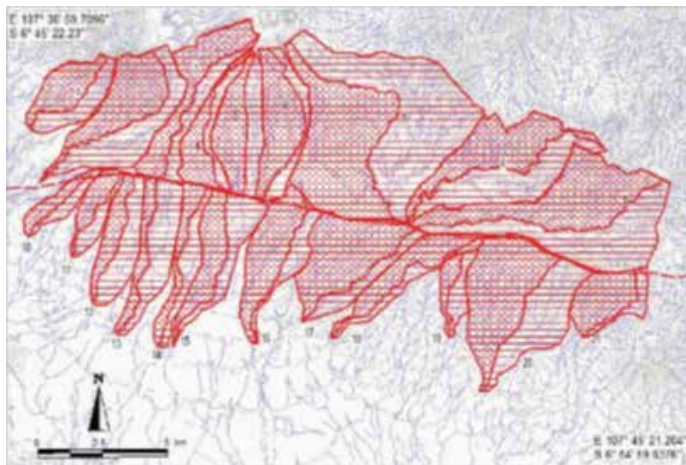
Gambar 4.9. Grafik hasil perhitungan perbandingan lebar dasar lembah dengan tinggi lembah pada sungai yang berhulu di selatan Sesar Lembang

3.3.2. Analisis asimetri cekungan pengaliran (AF)

Dari nilai AF dapat diperoleh informasi yang lebih detail mengenai daerah yang dipengaruhi oleh gaya pengangkatan yang terbesar ataupun yang mengalami penurunan. Analisis itu dapat diperoleh dengan membuat penampang arah kemiringan DAS sesuai besarnya nilai AF. Hal ini dilakukan penulis untuk mengetahui bagian mana di sepanjang Sesar Lembang yang mengalami pengangkatan terbesar ataupun penurunan.

Hasil perhitungan asimetri cekungan pengaliran menunjukkan nilai AF di sepanjang Sesar Lembang rata-rata menjauhi 50 (Gambar 4.10). Kondisi litologi yang

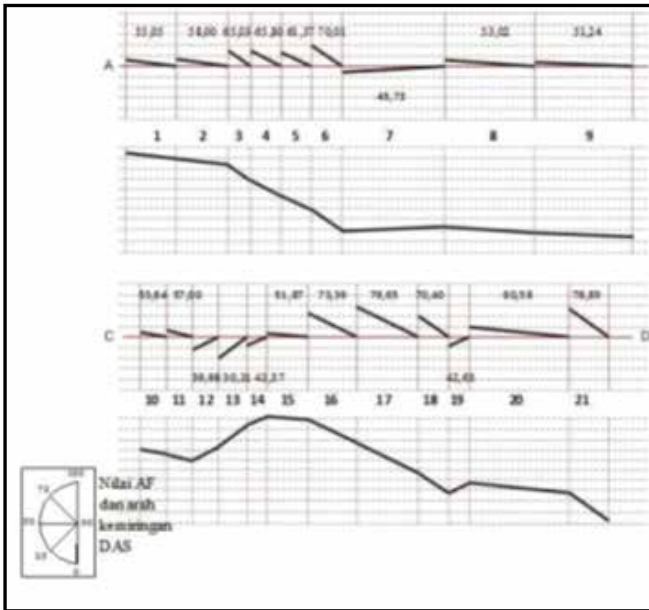
mendasari setiap DAS adalah sama berupa tuf pasiran (lokasi 1–15 kecuali 9) sehingga kemiringan DAS pada lokasi ini kemungkinan besar diakibatkan pengaruh tektonik, bukan resistensi batuan. Pada Lokasi 16 sampai 21 disusun oleh hasil gunung api tua tak teruraikan (breksi, lava). Hal ini juga membuktikan bahwa kemiringan DAS di daerah ini lebih dipengaruhi aktivitas tektonik, bukan akibat perbedaan litologi.



Gambar 4.10. Peta perhitungan asimetri cekungan dengan nilai *Asymmetry Factor* (AF).

Penampang arah kemiringan DAS memperlihatkan bahwa blok selatan mempunyai kemiringan yang lebih besar dibandingkan blok utara. Hal ini tentunya sangat berkaitan dengan proses pengangkatan (Gambar 4.11). Dari peta geologi Situmorang,9 bagian barat dari blok utara maupun blok selatan sama-sama tersusun oleh tuf pasiran hasil gunung api muda yang kurang resisten. Artinya, walaupun ada perbedaan nilai AF di kedua lokasi tersebut, tentunya bukan akibat faktor batuan, tetapi lebih dipengaruhi oleh perbedaan tingkat aktivitas tektoniknya (tectonic tilting). Kemiringan DAS pada blok selatan yang lebih besar daripada blok utara dapat diinterpretasikan bahwa pengangkatan yang terjadi pada blok selatan diperkirakan lebih besar dibandingkan dengan blok utara. Hal ini terlihat pula dari nilai AF di blok selatan yang rata-rata lebih besar daripada nilai AF di blok utara.

Penampang kemiringan DAS memperlihatkan kemiringan yang semakin kecil (hampir datar) ke arah timur, baik itu pada blok utara maupun pada blok selatan (Gambar 4.11). Tentunya ini berkaitan dengan gaya yang bekerja pada daerah tersebut. Dari penampang tadi dapat diperkirakan bahwa pusat gaya dan pengangkatan terbesar terjadi di sebelah barat, sehingga makin ke timur pengaruh gaya semakin kecil yang mengakibatkan nilai tilting-nya kecil yang direfleksikan dengan nilai AF mendekati 50. Dari semua proses tadi dapat diinterpretasikan bahwa semakin ke arah timur, baik di blok utara maupun blok selatan, kondisi tektonik relatif semakin kecil daripada bagian barat walaupun dari topografi memperlihatkan gawir sesar di bagian timur yang mempunyai elevasi lebih tinggi dan lebih curam dibandingkan bagian barat. Elevasi dan kecuraman gawir sesar tentunya dipengaruhi juga oleh batuan penyusun. Bagian timur disusun oleh batuan yang lebih resisten (breksi, lava) daripada bagian barat (tuf pasiran).



Gambar 4.11. Ilustrasi penampang proses tektonik yang terjadi pada blok utara dan selatan Sesar Lembang.

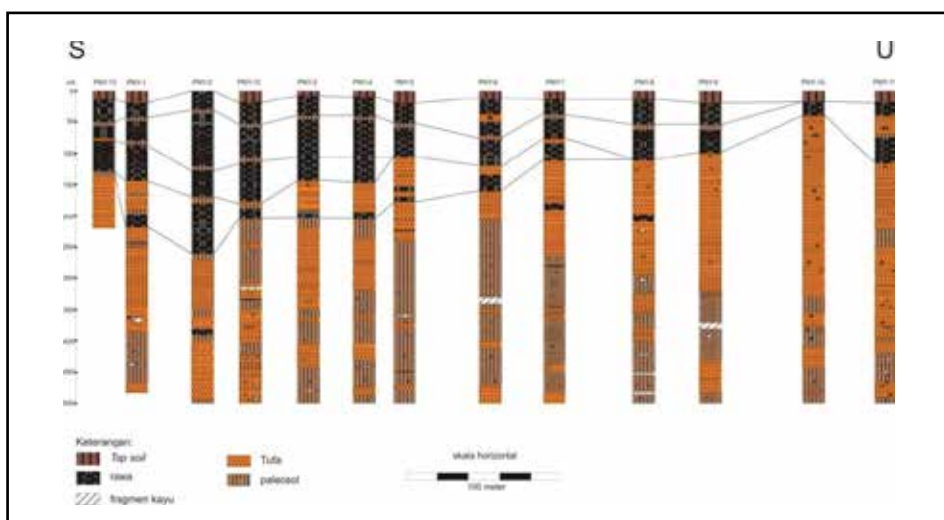
Dari nilai AF dan penampang kemiringan DAS memperlihatkan adanya nilai AF yang turun tajam dan tercermin dari penampang dengan kemiringan DAS yang curam (Gambar 4.11). Hal ini terjadi pada blok utara maupun blok selatan. Proses ini kemungkinan besar terjadi penurunan akibat *flexure*. Dari topografi, proses ini meninggalkan jejak bentang alam berupa bentuk lembah yang dalam dan curam. Pada blok utara lembah ini berada pada lembah S. Cihideung sebelah barat kota Lembang, sedangkan pada blok selatan terdapat di sekitar lembah S. Cikapundung daerah Maribaya.

Selanjutnya, berdasarkan data morfometri menunjukkan bahwa morfologi pada blok utara Sesar Lembang yang berhubungan langsung dengan G. Tangkubanperahu tentunya akan dipengaruhi oleh keberadaan gunung tersebut. Selain material vulkanik, proses pengangkatan yang disebabkan aktivitas vulkanisme gunung tersebut memengaruhi bentuk topografi pada blok utara Sesar Lembang. Data penampang asimetri cekungan (AF) menunjukkan adanya gaya yang besar pada bagian barat blok utara Sesar Lembang yang diperlihatkan oleh *tilting* yang besar. Kemungkinan peristiwa ini tidak terlepas juga dari pengangkatan yang dipengaruhi oleh aktivitas vulkanisme G. Tangkubanperahu.

4.1.2.3. Stratigrafi di daerah Desa Panyairan, Parongpong

Pengambilan data stratigrafi *sagpond* dilakukan di Desa Panyairan, Parongpong. Lokasi ini berada pada lembah di belakang gawir Sesar Lembang dengan lebar lembah utara-selatan sekitar 500 meter. Sebagian besar lokasi ini sudah dimanfaatkan menjadi kebun palawija dan sebagian masih memperlihatkan rawa yang ditutupi oleh semak. Jarak interval setiap titik pengamatan adalah mulai dari 20 meter sampai

sekitar 60 meter. Semakin rapat interval tiap titik pengamatan akan lebih baik karena dapat menghasilkan variasi stratigrafi yang lebih banyak. Dari hasil pengeboran diperoleh data stratigrafi yang dapat digolongkan ke dalam empat satuan (Gambar 3.15), yang mencakup satuan tanah bagian atas (top soil) yang mempunyai ciri fisik berwarna coklat, lanauan, lembek sampai agak padat, tebal rata-rata 20 cm, banyak rumput. Selanjutnya di bawahnya diendapkan satuan endapan rawa dengan ciri fisik lempungan-lanauan, abu-abu sampai hitam, kaya sisa tumbuhan (rumput, akar halus), fragmen batu apung, fragmen batuan beku. Batas antara endapan rawa diisi oleh satuan paleosol dengan ciri fisik berwarna coklat, lanauan, sisa rumput, akar halus, banyak mengandung fragmen kayu. Selain itu, hasil pengeboran menunjukkan bahwa satuan tufa berpenampakan warna abu-abu sampai abu-abu kecoklatan, lempungan-lanauan, padat sedikit sisa daun, fragmen pumice berwarna krem, membundar tanggung, fragmen batuan beku.



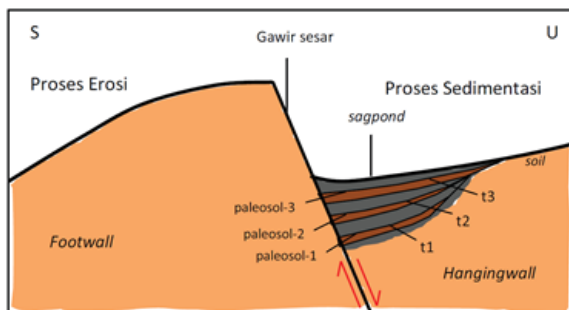
Gambar 4.12. Penampang stratigrafi *sagpond* di daerah Panyairan, Parongpong. Data diambil dengan bor tangan sampai kedalaman 5 m.

Dari penampang stratigrafi (Gambar4.12) di atas terlihat bahwa sekuen *sagpond* disusun oleh endapan rawa cukup tebal dengan dibatasi bagian atasnya oleh paleosol dan bagian bawahnya oleh tufa. Di daerah ini terdapat juga lapisan tufa epiklastik yang memperlihatkan butiran berupa fragmen batuan beku dan pumice dengan bentuk membundar tanggung (subrounded). Hal ini juga membuktikan bahwa lapisan tufa di daerah ini merupakan tufa produk hasil erosi (epiklastik). Perulangan sekuen di daerah ini sangat jelas, terutama pada bagian lingkungan *sagpond* yang relatif dalam dan letaknya tidak terlalu jauh dengan gawir sesar. Semakin ke utara, menjauhi gawir sesar terlihat endapan rawa yang semakin tipis dan dangkal dengan perulangan sekuen yang semakin sedikit.

Penampang stratigrafi *sagpond* memperlihatkan adanya perulangan lapisan paleosol yang cukup banyak. Hal ini membuktikan adanya perulangan proses

penurunan pada sagpond tersebut. Pada saat sudah tidak ada lagi akomodasi, bagian atas rawa akan terekspose di permukaan dengan kondisi air semakin mengering sehingga menyebabkan pelapukan dan terbentuk paleosol. Dalam waktu yang bersamaan jika tidak terjadi proses penurunan maka paleosol yang terbentuk akan semakin tebal, tetapi jika ada proses penurunan yang semakin cepat maka paleosol akan terbentuk sangat tipis. Hal lain yang mungkin terjadi adalah tidak terbentuknya lapisan paleosol karena kecepatan penurunan lebih besar dibandingkan proses pengeringan lingkungan rawa.

Proses penurunan pada sagpond tidak terlepas dari pengaruh aktivitas pergerakan Sesar Lembang pada bagian hanging wall yang bergerak normal (blok utara) karena posisi sagpond berada dekat dengan gawir sesar yang merupakan bidang sesar dari Sesar Lembang. Banyaknya perulangan paleosol merupakan cerminan aktivitas pergerakan Sesar Lembang yang aktif. Proses penurunan di daerah ini relatif cepat dan besar karena tektoniknya lebih aktif sehingga lingkungan sagpond ini tetap berada pada daerah rendah dan cukup dalam. Lingkungan yang dalam dan aliran yang tenang mengakibatkan terbentuknya endapan rawa kaya organik (sisa tumbuhan) yang cukup tebal yang mengisi lingkungan pengendapan sagpond pada daerah ini (Gambar 4.13).



Gambar 4.13. Hubungan aktivitas sesar normal dengan pembentukan endapan sagpond di daerah yang dekat dengan bidang sesar (t1, t2, dan t3 adalah waktu pembentukan paleosol, S=selatan, U=utara).

Analisis stratigrafi sagpond memperlihatkan bahwa sagpond yang terbentuk pada blok utara diakibatkan proses pergerakan normal atau gerak turun dari blok utara terhadap blok selatan. Hal ini dikaitkan dengan kegiatan kegempaan (seismik) yang terjadi pada sesar Lembang. Pada saat sesar ini tidak bergerak (interseismik) maka pada lingkungan sagpond yang akan terbentuk adalah endapan rawa. Selama itu pengisian endapan terus berlangsung yang menyebabkan semakin mendangkalnya lingkungan tersebut. Jika tidak ada lagi ruang akomodasi yang tersisa maka tidak menutup kemungkinan akan terbentuk lapisan tanah pada bagian atas endapan rawa. Selama sesar ini tidak bergerak maka yang terjadi adalah pembentukan lapisan tanah yang tebal, tetapi pada saat sesar bergerak yang terjadi adalah penurunan kembali lingkungan sagpond. Pada saat terjadi penurunan maka ruang akomodasi menjadi terbuka lagi dan akan diendapkan kembali sedimen rawa/danau. Peristiwa perulangan endapan rawa dan lapisan paleosol menjadi indikasi aktivitas Sesar Lembang. Selain itu, penurunan lingkungan sagpond dibuktikan juga dengan adanya lapisan tufa epiklastik pada sekuen sagpond. Proses keterdapatannya hasil letusan

Gunung Tangkubanperahu berhubungan dengan erosi akibat perbedaan kemiringan dan perubahan base-level oleh proses penurunan pada blok utara terhadap blok selatan.

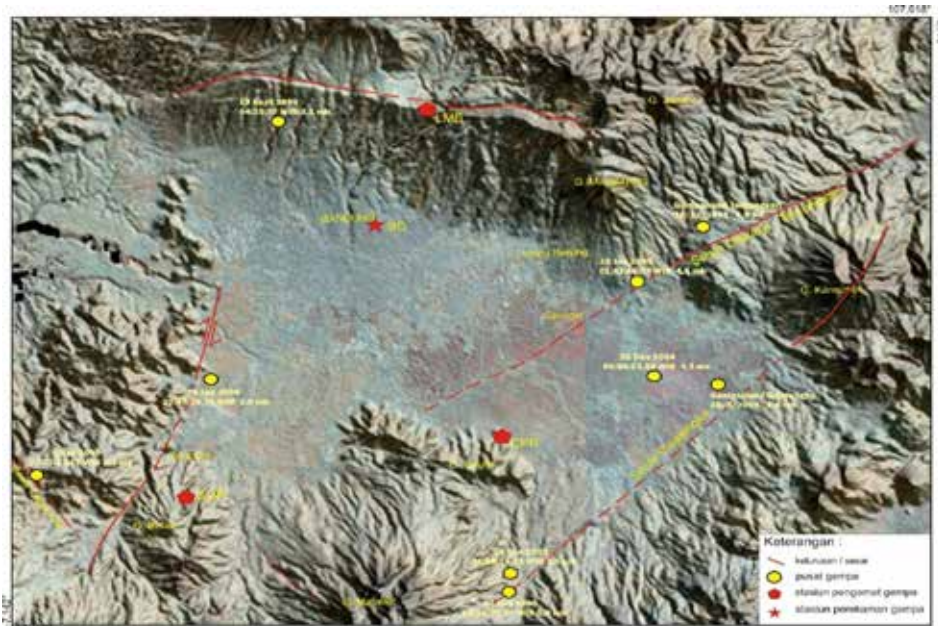
4.1.2.4. Sesar Lembang sebagai Sesar Aktif

Dalam penelitian ini, Edi Hidayat (2015) menyimpulkan bahwa dengan analisis morfometri dengan menggunakan parameter perbandingan lebar dasar lembah dan tinggi lembah (V_f) dan asimetri cekungan pengaliran (AF) maka morfologi di sepanjang Sesar Lembang menunjukkan daerah tersebut termasuk tektonik aktif yang kemungkinan dipengaruhi oleh aktivitas tektonik Sesar Lembang. Sedangkan berdasarkan hasil perhitungan morfometri dan analisis stratigrafi *sagpond* memperlihatkan bahwa Sesar Lembang merupakan sesar aktif dengan pergerakan normal (*normal fault*) di mana Blok Utara (*hangingwall*) relatif bergerak turun terhadap Blok Selatan (*footwall*). Data ini juga memperlihatkan bahwa blok utara bagian barat lebih aktif dibandingkan dengan bagian timur walaupun terlihat gawir sesar bagian timur lebih tinggi daripada bagian barat.

4.2. SEBARAN SESAR AKTIF DI WILAYAH CEKUNGAN BANDUNG

Dari sekian banyak sesar yang berkembang di Cekungan Bandung, menurut Marjiyono dr., (2008), yang patut diperhatikan adalah adanya sesar aktif, (Gambar 4.14). Paling tidak terdapat lima sesar aktif di Cekungan Bandung, yaitu: Sesar Lembang, Sesar Tanjungsar-Cileunyi, Sesar Cicalengka, Sesar Jati, Sesar Citarum dan Sesar Legok Kole. Keberadaan sesar aktif tersebut bersumber dari gabungan data sebaran data kegempaan USGS, BMKG dan Badan Geologi. Gabungan data tersebut menunjukkan kejadian gempabumi dengan kedalaman dangkal di Cekungan Bandung. Kejadian gempabumi tersebut tergolong sebagai gempabumi kerak dangkal (*shallow crustal earthquake*) yang berkaitan dengan sesar aktif di sekitar Cekungan Bandung.

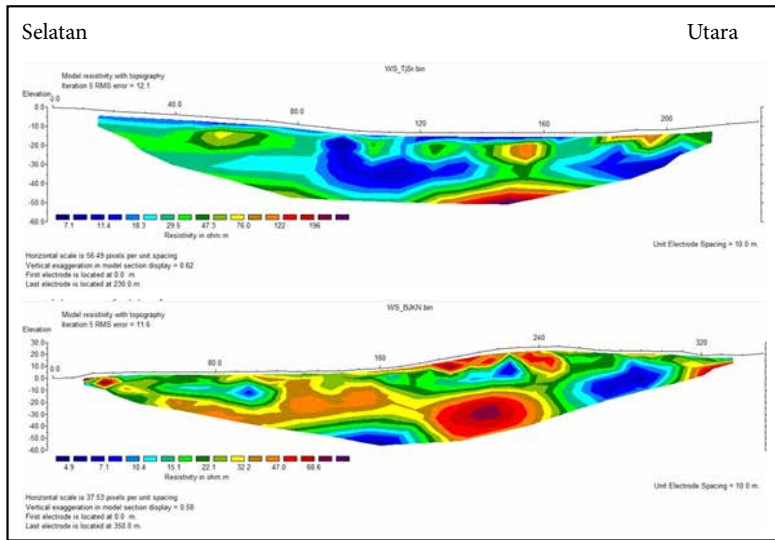
Untuk mengetahui morfotektonik wilayah Cekungan Bandung didasarkan pada metode analisis morfometrik. Analisis ini digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik bentuk wilayah serta kaitannya dengan aktivitas tektonik yang berkembang (van Zuidam, 1995). Hasil analisis menunjukkan adanya indikasi zona sesar Cileunyi-Tanjungsari dan sesar Cicalengka. Penamaan kedua sesar tersebut mengacu dari tulisan Marjiyono dkk. (2008), yang mengacu pada catatan kejadian gempabumi merusak. Kedua sesar ini pernah mengakibatkan kejadian gempabumi yaitu tahun 1972 dan 2010 pada sesar Cileunyi-Tanjungsari dan tahun 2000 pada sesar Cicalengka. Meskipun magnitudonya tidak besar, namun memperlihatkan bahwa kedua sesar ini tergolong sebagai sesar aktif dari data kegempaan.



Gambar 4.14. Peta sebaran sesar aktif di Cekungan Bandung (Marjiono drr., 2008)

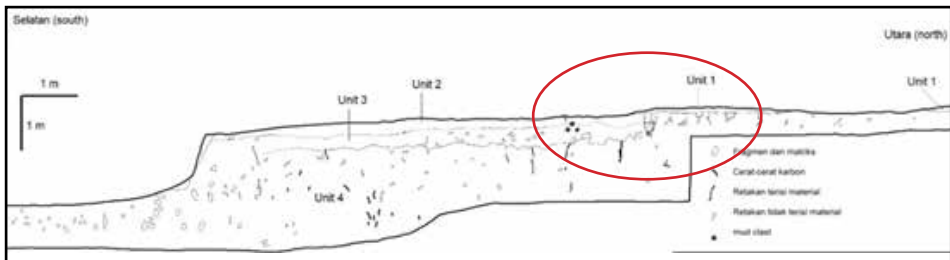
Kenampakan morfotektonik sesar Cileunyi-Tanjungsari adalah gawir sesar, zona sesar, seretan/ pelengkungan batuan (*rock bend*). Gawir sesar berupa muka pegunungan cukup terjal dan pada beberapa tempat tersusun oleh lava. Zona sesar yang membentuk lembah curam dan sempit pada umumnya tata guna lahan berupa persawahan basah sehingga sulit untuk dilakukan pengukuran geolistrik. Berdasarkan pola dari pelengkungan batuan, maka kinematika dari sesar Cileunyi-Tanjungsari adalah sesar mendatar yang terbagi menjadi dua segmen yaitu segmen barat dan timur. Sedangkan, kenampakan morfotektonik sesar Cicalengka adalah gawir sesar dan zona sesar. Data kelurusan memperlihatkan bahwa kelurusan yang dominan berarah NW-SE, sedangkan menurut Marjiono dkk. (2008) sebaran sesar ini berarah NE-SW. Kelurusan berarah NW-SE ini merupakan lembah yang diperkirakan terdapat sesar. Menurut data dari Supartoyo dr. (2014) di sekitar daerah Cicalengka tercatat pernah mengakibatkan kejadian gempa bumi merusak pada tahun 2000 dengan M4,4. Kejadian tersebut mengakibatkan kerusakan bangunan di desa Waluya, Margaasih dan Narawita, Kecamatan Cicalengka, Kabupaten Bandung. Dengan demikian diperkirakan sebaran sesar Cicalengka ini adalah NW-SE.

Pada bagian barat zona sesar Cicalengka menurut Marjiono dr., (2008) yaitu daerah Majalaya memperlihatkan adanya gawir sesar dan zona sesar. Gawir sesar berupa muka pegunungan cukup terjal terutama di sepanjang sungai Citarum di daerah Majalaya. Tata guna lahannya pada umumnya berupa sawah. Zona sesar pada bagian timur tidak terlihat jelas, sedangkan pada bagian barat khususnya di sepanjang sungai Citarum terlihat zona sesar di sepanjang sungai Citarum yang membentuk teras-teras sungai. Sesar ini berarah relatif NE-SW dan sebarannya sepanjang sungai Citarum, sehingga dinamakan sesar Citarum.



Gambar 4.15. Penampang geolistrik lintasan Kampung Cirulug (gambar atas) dan Kampung Bojongkoneng (gambar bawah). Garis merah putus-putus merupakan indikasi sesar yang mencapai permukaan

Hasil penampang geolistrik di Kampung Cirulug seperti terlihat pada Gambar 4.16, memperlihatkan indikasi sesar berupa perbedaan dan ketidakmenerusan nilai resistivitas pada lintasan meter ke 100 dan 115. Sesar yang terbentuk mengakibatkan terbentuknya retakan sehingga terakumulasi zona jenuh air. Penampang geolistrik di Kampung Bojongkoneng memperlihatkan indikasi sesar berupa perbedaan dan ketidakmenerusan nilai resistivitas pada lintasan meter ke 165. Hal ini juga mengakibatkan terbentuknya retakan, sehingga dimungkinkan untuk terdapat rembesan air hingga kedalaman sekitar 20 meter.

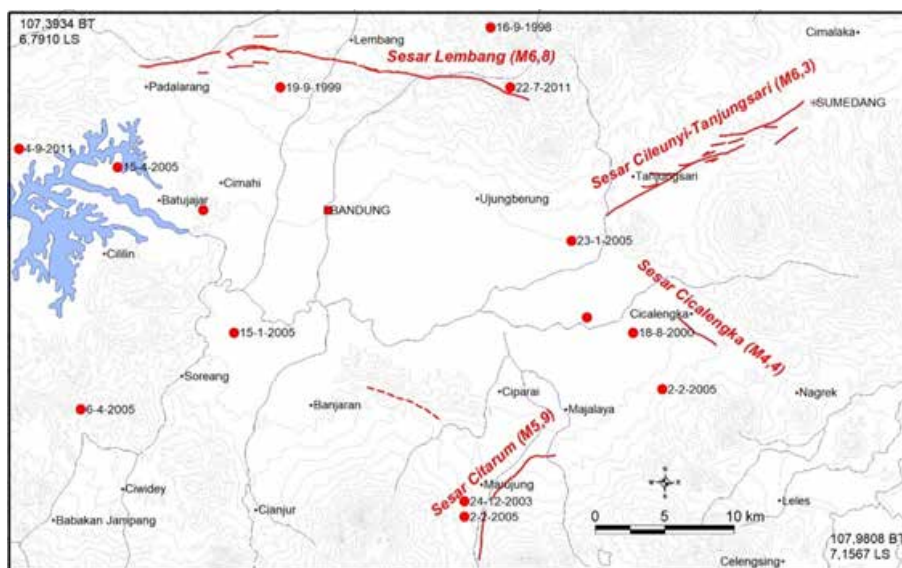


Gambar 4.16. Sketsa penampang dinding puritan untuk kajian paleoseismologi di Kampung Bojongkoneng. Lingkaran merah yang diperkirakan terjadi deformasi tektonik.

Selain melakukan kajian morfotektonik, juga dilakukan kajian paleoseismologi, yaitu kajian mengenai gempa bumi masa lampau meliputi lokasi, waktu, dan ukuran (McCalpin, 1996 dan 2009). Dilakukan melalui pembuatan paritan pada zona sesar untuk melihat adanya deformasi tektonik. Kesalahan penentuan lokasi paritan akan mengakibatkan tidak diperoleh informasi terjadinya gempa bumi masa lampau.

Oleh karena itu, sebelum dilakukan penggalian, dilakukan analisis bentuk lahan, pengamatan lapangan, dan pengamatan stratigrafi teras yang bertujuan untuk memperkirakan lokasi gawir sesar. Lokasi paritan pada kajian paleoseismologi ini dilakukan di Kampung Bojongkoneng, Bojongkoneng, Desa Wangisagara, Kecamatan Majalaya, Kabupaten Bandung berdasarkan analisis morfotektonik, pengamatan lapangan yang diperkirakan merupakan gawir sesar, dan pengukuran geolistrik. Analisis morfotektonik menggunakan data citra Demnas yang memperlihatkan adanya kelurusan di daerah tersebut berarah barat-timur. Pengamatan lapangan memperlihatkan adanya teras sungai yang diperkirakan merupakan bidang sesar. Adapun analisis geolistrik memperlihatkan adanya perbedaan dan ketidakmenerusan nilai resistivity yang diperkirakan merupakan zona sesar. Hasil kajian paleoseismologi memperlihatkan adanya deformasi tektonik pada unit 3 yang dicirikan oleh lapisan bergelombang dan adanya retakan yang telah terisi material. Hal ini merupakan bukti sekunder (*secondary evidence*), karena tidak ditemukan gawir sesar (*fault scarp*) yang merupakan bukti primer (*primary evidence*).

Dengan demikian, hasil analisis yang menggunakan data kegempaan, morfotektonik dan kajian paleoseismologi terdapat tambahan tiga sesar aktif di di wilayah Cekungan Bandung selain sesar Cimandiri dan sesar Lembang, yaitu: sesar Cileunyi Tanjungsari, sesar Cicalengka dan sesar Citarum, (Gambar 4.17). Berdasarkan metode yang dikembangkan oleh Well dan Coppersmith (1994) untuk menghitung magnitudo maksimum berdasarkan panjang sesar, maka diperoleh nilai magnitudo maksimum sesar Cileunyi Tanjungsari (M6,3) dan sesar Citarum (M5,9). Adapun sesar Cicalengka diperoleh dari catatan sejarah kegempaan, magnitudonya adalah (M4,4).

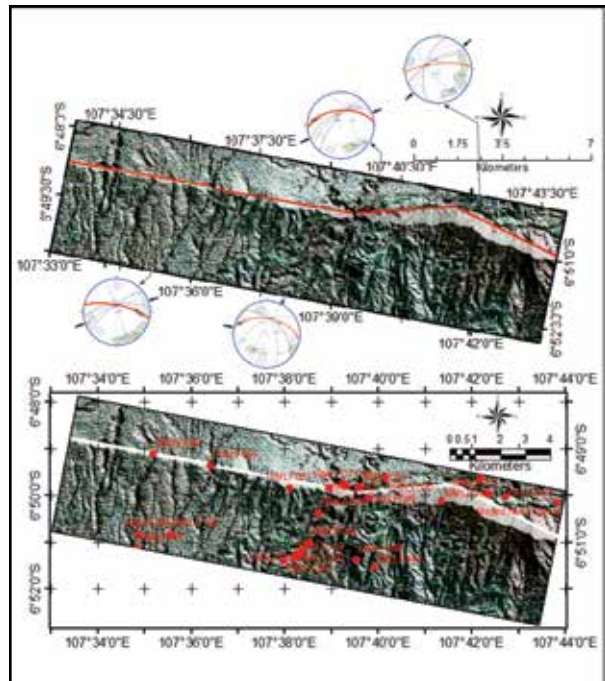


Gambar 4.17. Sebaran sesar aktif di Cekungan Bandung. Bulatan merah merupakan pusat gempa bumi kedalaman dangkal dan waktu kejadian bersumber dari data USGS, BMKG dan Badan Geologi.

4.2.1. Sesar Lembang “Bahaya Di Balik Pesona”

Dari sesar aktif yang berkembang di Cekungan Bandung, Sesar Lembang yang selalu menarik untuk di bahas. Orang pertama yang mengemukannya adalah van Bemmelen (1949) yang mengatakan bahwa Sesar Lembang berjenis sesar normal (sesar turun) dimana blok bagian utara relatif turun membentuk morfologi pedataran (Pedataran Lembang) dan mengaitkan pembentukan Sesar Lembang dengan aktifitas Gunung Sunda (G. Tangkubanperahu merupakan sisa-sisa dari Gunung Sunda), dengan demikian struktur sesar ini berumur relatif muda yaitu Plistosen. Hal ini diperkuat oleh Silitonga (1973) yang berpendapat bahwa Sesar Lembang merupakan sesar normal dengan block utara relatif turun. Dari timur ke barat, tingginya gawir sesar yang mencerminkan besarnya pergeseran sesar berubah dari sekitar 450 meter di ujung timur (Maribaya, Gunung Pulusari) hingga 40 meter di sebelah barat (Cisarua) dan bahkan menghilang di ujung barat di sekitar utara Padalarang. Berdasarkan peta topografi maupun foto udara atau citra satelit, sesar ini mempunyai panjang sampai 22 km.

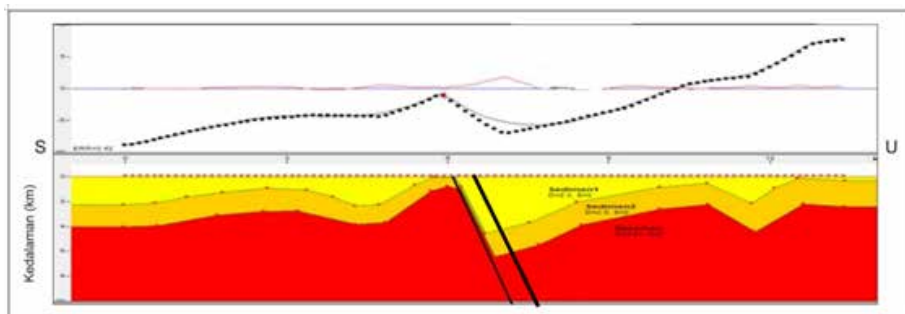
Sementara, pendapat lain diutarakan oleh Tjia (1968), bahwa Sesar Lembang di bagian barat Maribaya (Lembah Sungai Cikapundung) mempunyai karakter *strike slip* lebih dominan daripada *dip slip*, yaitu sesar mengiri turun, sedangkan di bagian timur Maribaya mempunyai karakter *dip slip* lebih dominan. Jejak sesar Lembang yang dimaksud Tjia (1968) tersebut dapat teramati dengan jelas di daerah Dago-Lembang terutama Gunung Batu dan Tebing Keraton. Hasil pengukuran kekar-kekar di sekitar zona sesar Lembang menunjukkan bahwa sesar ini merupakan sesar mendatar dengan arah pergerakan mengiri (Gambar 4.18).



Gambar 4.18. Analisis Kekar di sepanjang zona Sesar Lembang.

Memang dari kenampakannya Sesar Lembang itu sangat mengekspresi geomorfologi yang jelas dari aktivitas neotektonik di Cekungan Bandung. Sesar ini secara morfologi diekspresikan berupa gawir sesar (*fault scarp*) dengan dinding gawir menghadap ke arah utara sehingga banyak peneliti kekinian melakukannya, diantaranya adalah Dam (1994) yang mengatakan dalam penelitiannya bahwa elemen struktur utama yang terdapat di daerah Bandung Utara yang bernama Sesar Lembang yang berorientasi hampir barat-timur, membentang sepanjang kurang lebih 30 km dan berdasarkan hasil penelitian Edi Hidayat (2015) bahwa morfologi di sepanjang Sesar Lembang menunjukkan daerah terpengaruh tektonik aktif yang kemungkinan dipengaruhi oleh aktivitas tektonik Sesar Lembang. Hal ini didasarkan pada hasil analisis morfometri dengan menggunakan parameter perbandingan lebar dasar lembah dan tinggi lembah (V_f) dan asimetri cekungan pengaliran (AF).

Hasil penelitian lainnya yaitu melalui interpretasi Gayaberat secara kuantitatif yang dilakukan Pusat Survei Geologi pada 2019 melalui pemodelan 2 dimensi Talwani untuk mengetahui model geologi bawah permukaan berdasarkan profil/penampang. Dalam melakukan interpretasi dibantu dengan perangkat lunak (*software*) *Geosoft Oasis Montaj*. Pada interpretasi ini dibuat lintasan A-B yang memotong relatif tegak lurus pada jalur Sesar Lembang yang berorientasi relatif barat-timur. Hasil pemodelan diperoleh tiga lapis litologi dengan litologi permukaan merupakan endapan vulkanik dengan rapat massa $2,3 \text{ gr/cm}^3$. Dalam peta geologi Lembar Bandung (Silitonga, 1973), batuan ini menumpang di atas batuan sedimen Formasi Cilang berupa napal tufaan dan batugamping masif. Diperkirakan lapis kedua dalam model tersebut adalah batuan sedimen Formasi Cilang, dengan rapat massa $2,5 \text{ gr/cm}^3$. Batuan dasar yang diperkirakan merupakan batuan beku granitik (rapat massa $2,67 \text{ gr/cm}^3$) pada lintasan ini mempunyai kedalaman berkisar antara 1800-7000 m. Struktur sesar diinterpretasikan sebagai sesar normal pada bagian tengah lintasan (Gambar 4.19).

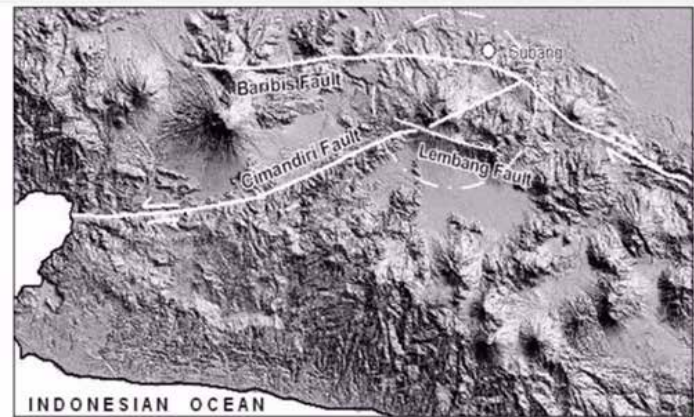


Gambar 4.19. Model geologi bawah permukaan penampang AB

4.2.2. Sesar Cimandiri “Sesar Tua yang Membelah Jawa Barat”

Selain Sesar Lembang, juga Sesar Cimandiri (Gambar 4.20) sering menjadi pembicaraan para ahli kebumih. Sesar Cimandiri merupakan sesar paling tua (berumur Kapur), membentang mulai dari Teluk Pelabuhanratu menerus ke timur melalui Lembah Cimandiri, Cipatat-Rajamandala, Gunung Tanggubanperahu-

Burangrang dan diduga menerus ke timurlaut menuju Subang. Secara keseluruhan, jalur sesar ini berarah timurlaut-baratdaya dengan jenis sesar mendatar hingga *oblique* (miring). Oleh Martodjojo dan Pulunggono (1986), sesar ini dikelompokkan sebagai Pola Meratus.



Gambar 4.20. Sesar Cimandiri yang memanjang Baratdaya-Timurlaut dan di wilayah Rajamandala terpotong oleh Sesar Lembang.

Beberapa ahli telah mengadakan penelitian tentang keberadaan sesar Cimandiri, antara lain Noeradi (1991) telah mengadakan pengukuran sesar pada lembah Cimandiri dan menyimpulkan bahwa Sesar Cimandiri dominan komponen *strike slip* dengan arah pergerakan sinistral, dengan kenampakan sesar dan lipatan terdapat di sekitar zona sesar Cimandiri. Kertapati (2004) berpendapat bahwa Sesar Cimandiri yang berarah baratdaya-timurlaut lebih mengarah sebagai sesar normal dengan komponen sesar geser dan bertanggung jawab terhadap kejadian gempabumi-gempabumi merusak sepanjang Lembah Cimandiri dan sekitarnya. Menurut Natawidjaja (2007) Sesar Cimandiri, Sesar Lembang dan Sesar Baribis merupakan sesar aktif yang berpotensi menghasilkan gempabumi merusak sehingga perlu diwaspadai melalui program mitigasi bencana.

Di wilayah Cekungan Bandung, sesar ini di kenal sebagai Sesar Cimandiri Segmen Timur. Jalur sesar Cimandiri bagian timur ini berada di bagian utara dari rangkaian perbukitan Rajamandala berarah barat-timur dengan panjang mencapai lebih kurang 8 km. Sebagian besar jalur sesarnya memotong Formasi Rajamandala dan Formasi Citarum, dan berperan sebagai pembatas sebaran kedua formasi tersebut terhadap breksi vulkanik Formasi Besar yang berada di bagian utaranya. Dari aspek morfologi dan pola pengaliran sungainya, keberadaan struktur Sesar Cimandiri dicerminkan dengan adanya kelurusan punggung perbukitan Rajamandala, kemiringan lereng perbukitan yang terjal dan lembah sungai yang curam, terbentuknya kelurusan sungai dan kelokan sungai yang tajam. Jejak sesar Cimandiri dapat teramati dengan jelas di daerah Padalarang terutama tebing 125 dan Waduk Saguling.

Dari aspek morfologi baik yang diamati melalui DEM maupun pengamatan langsung di lapangan, menunjukkan bentang alam disepanjang kelurusan Sesar Cimandiri dikontrol oleh struktur lipatan anjakan dan sesar normal. Kemiringan

lereng yang terjal berstatus sebagai gawir sesar normal dan turut berperan terhadap terbentuknya jalur kelurusan topografi di atas. Dengan menggunakan konsep struktur dari Wilcox (1973), baik sesar normal maupun sesar naik bersudut besar (*reverse fault*), dapat samasama membentuk gawir sesar dengan perbedaan elevasi yang besar. Namun sistem sesar naik (*thrust system*) pada batuan sedimen Tersier di Pulau Jawa, merupakan bagian dari pola struktur lipatan anjakan yang tidak melibatkan batuan dasar (*nonbasement involved*) dan merupakan *thin skin tectonic* (Haryanto, 2014). Oleh karena itulah gawir sesar pada sesar naik di Pulau Jawa, umumnya bersudut relatif landai, seperti contohnya pada sesar naik Baribis yang berada di utara Sesar Cimandiri, (Gambar 4.20).

BAB 5

MENGELOLA LINGKUNGAN KAWASAN RESAPAN AIR BANDUNG UTARA

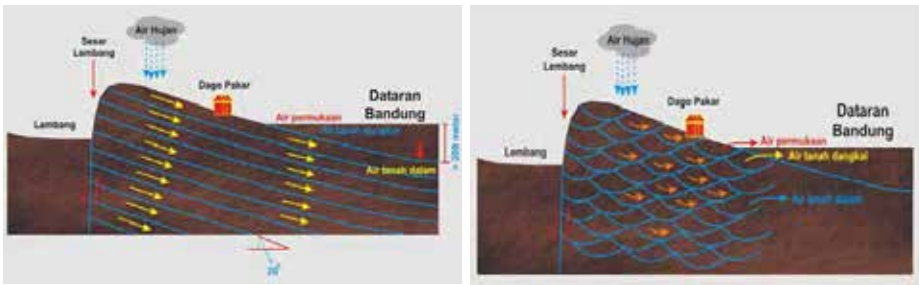
Kontributor:

Gingin Gunawan, Melia, Aris Dwi Nugroho,
Eep Ridwan Firdaus, dan Tantan Hidayat

Kawasan Cekungan Bandung Utara (KCBU) memegang peranan dan fungsi vital terhadap wilayah di sekitarnya karena KCBU merupakan daerah resapan air. Pemanfaatan ruang di KCBU saat ini menyebabkan terganggunya proses interaksi ekosistem dalam Cekungan Air Tanah (CAT) dan Daerah Aliran Sungai (DAS), sehingga menurunkan tingkat kualitas air di wilayah hilir khususnya di wilayah Kota Bandung. Hal ini disebabkan oleh maraknya alih fungsi lahan di kawasan tersebut. Banyaknya perubahan tata guna lahan di KCBU telah menimbulkan keraguan terhadap penerapan Rencana Pemanfaatan Ruang yang termuat dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW). Kini RTRW Provinsi Jawa Barat mengarahkan KCBU sebagai Kawasan Strategis Provinsi (KSP) bidang penanganan lingkungan hidup. Pengendalian tata ruang KCBU saat ini diatur dengan Peraturan Gubernur Nomor 2 Tahun 2016 tentang Pedoman Pengendalian Kawasan Bandung Utara Sebagai Kawasan Strategis Provinsi Jawa Barat. Pada tingkat nasional, terdapat Peraturan Presiden Nomor 45 Tahun 2018 tentang Rencana Tata Ruang Kawasan Perkotaan Cekungan Bandung. Peraturan ini mengarahkan pengembangan Kawasan Perkotaan Cekungan Bandung bagian utara secara terbatas dengan memerhatikan daya dukung dan daya tampung lingkungan untuk mendukung kegiatan permukiman, pertanian, pariwisata, dan konservasi.

5.1. KEKINIAN CEKUNGAN AIR TANAH BANDUNG UTARA

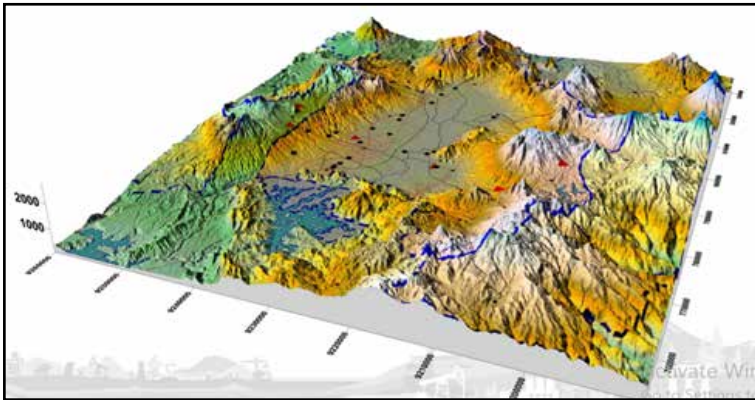
Hal pertama yang menarik dari keberadaan kota Lembang yang dikenal sebagai daerah imbuhan airtanah dan perjalanannya menuju daerah lepasan air tanah, karena berkaitan dengan produk letusan Gunung Sunda Purba dan adanya sesar Lembang yang memanjang 22 km bearah barat-timur. Menurut hipotesisi S. Bronto dan U. Hartono (2006), melalui sketsa model stratigrafi kue lapis seperti terlihat pada Gambar 5.1, menunjukkan bahwa: a) stratigrafi batuan gunungapi Kuarter yang umumnya di ketinggian diendapkan di permukaan dan semakin ke arah pedataran tertutup endapan danau; dan (b) struktur perlapisan batuan di masing-masing model tersebut berdampak terhadap keberadaan dan sebaran air. Pada model pertama (gambar kiri), air hujan meresap ke dalam tanah, membentuk air tanah dalam. Model kedua (gambar kanan), memungkinkan air hujan menjadi air permukaan, air tanah dangkal, dan air tanah dalam. Air tanah tersebut bergerak secara perlahan yang memnghabiskan waktu ribuan tahun menuju wilayah inti pedataran Cekungan Bandung yaitu kota Bandung.



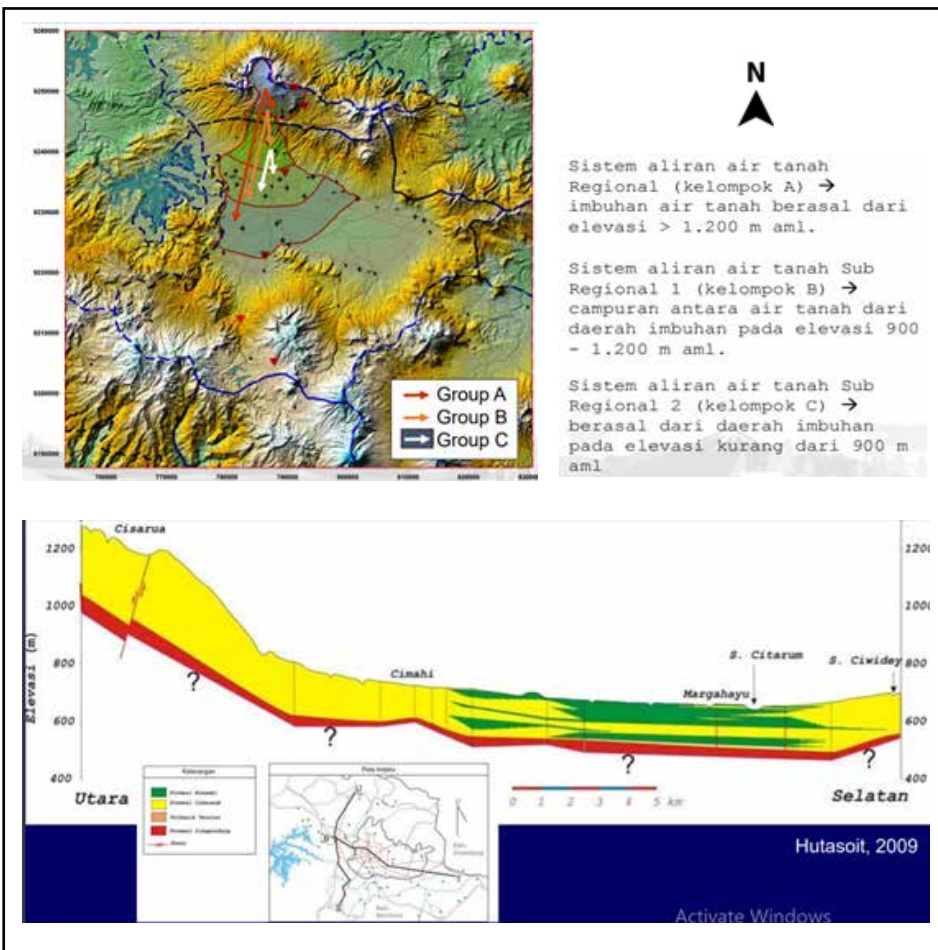
Gambar 5.1. Sketsa model stratigrafi kue lapis: yang disusun oleh S. Bronto dan U. Hartono.

Hipotesis Sutikno Bronto dan Udi Hartono (2006) tersebut diperkuat Thaath Setiawan (2020) Kajian Isotop Daerah Cekungan Air Tanah Bandung-Soreang dan Dasapta Erwin Irawan (2016) melalui Kajian Hidrogeologi wilayah Bandung Utara dan sekitarnya.

Dalam kajiannya, Thaath Setiawan (2020) pun mengatakan bahwa pelamparan akifer pembentuk CAT Bandung-Soreang terdiri atas batuan hasil pengendapan batuan gunungapi hasil erupsi G.Tangkubanparahu dan dialasi oleh batuan endapan sedimen umur Tersier. Kondisi tersebut berpengaruh terhadap karakteristik model hidrogeologi CAT Bandung-Soreang, dengan litologi pembentuk akuifer berupa endapan vulkanik yang memiliki kemiripan parameter hidrolika (porositas dan permeabilitas) sebagai refleksi strata kehadiran dan pergerakan airtanah pada akifer dalam satu kesatuan satuan hidrostratigrafi (UHs) atau dikenal dengan *hidrostratigrafic units (HSU)*. Hal ini dipertegas dengan hasil perunutan isotop stabil Oksigen-18 (^{18}O), Deuterium (^2H), dan Tritium (^3H), sifat fisik-hidrokimia akuifer serta dengan



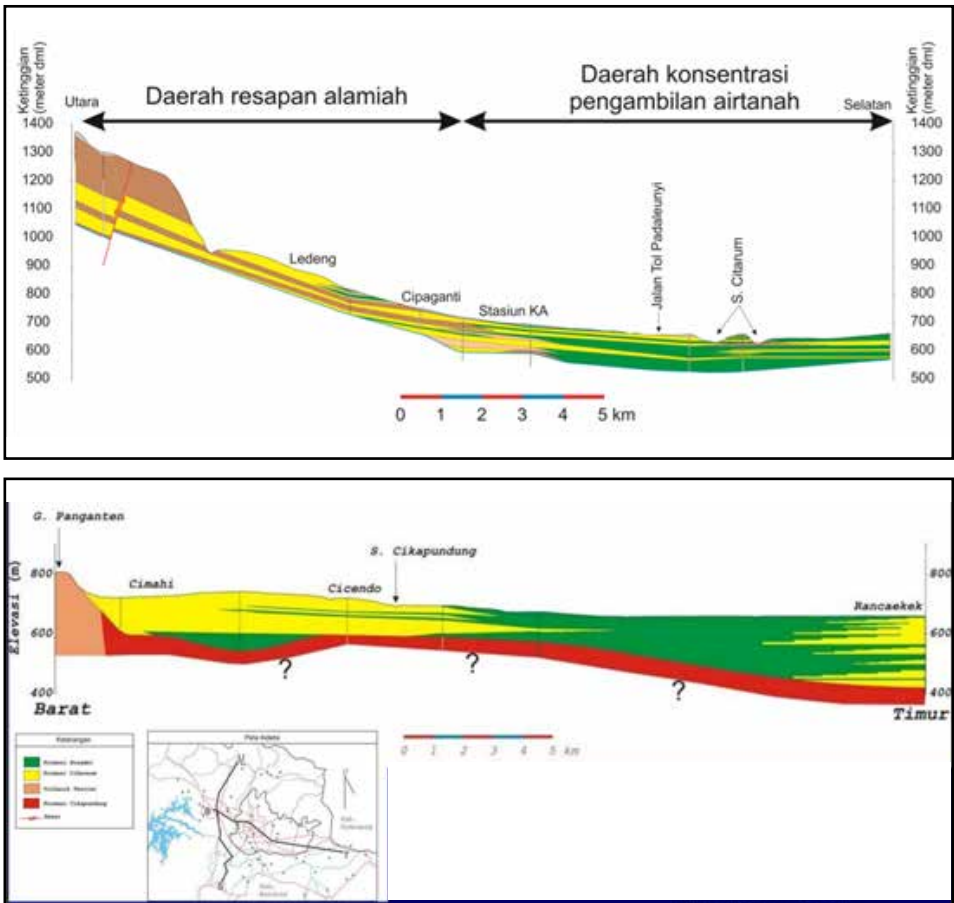
Gambar 5.2. Ilustrasi Wilayah CAT Cekungan Bandung, (Sumber: Thaats Setiawan, 2020).



Gambar 5.3. Atas: Sistem Aliran Air Aianah di daerah imbuhan dan lepasan Air Tanah Cekungan Bandung bagian utara, (Sumber: Thaats Setiawan, 2020). Bawah: Panampang Bawah Permukaan di wilayah cekungan Bandung bagian Utara, (sumber: Lambok M. Hutasoit, 2009).

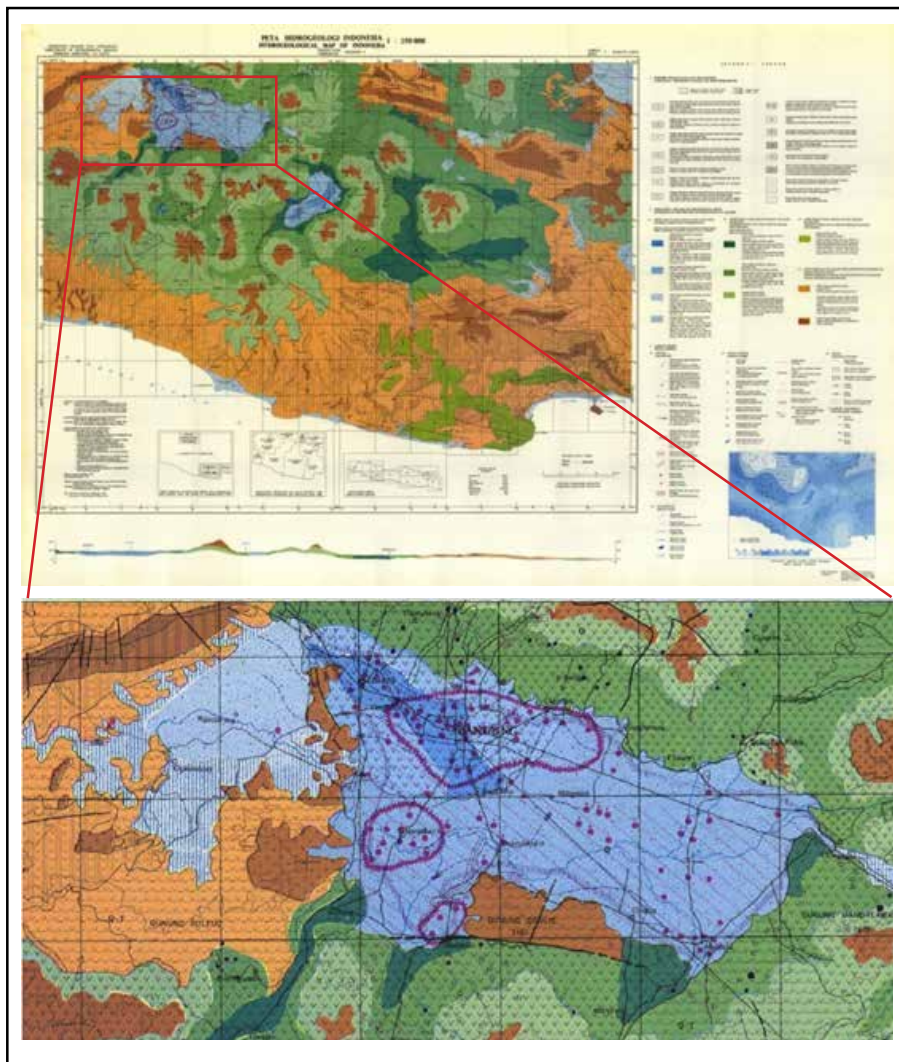
mengacu pada stratigrafi cekungan geologi Bandung, karakteristik kimia airtanah untuk hidrostratigrafi vulkanik CAT Bandung-Soreang, dapat diidentifikasi, dan mampu melengkapi pengembangan penelitian hidrogeologi CAT Bandung-Soreang.

Thaat Setiawan (2020) pun menyebutkan bahwa sistem aliran air tanah regional pada CAT Bandung-Soreang didominasi oleh aliran air tanah berasal dari zona imbuhan air tanah bagian utara (elv. > 1200 maml), (Gambar 5.3). Komposisi ^{18}O dan ^2H pada sistem akuifer dalam (^{14}C . 40000 tahun) memiliki nilai yang sama dengan air hujan di daerah Tangkuban Parahu; Abstraksi airtanah oleh industri di daerah Bandung dan sekitarnya didominasi oleh sistem aliran air tanah subregional (elv. Imbuhan < 1200 maml); Air tanah tertekan memiliki dua zona imbuhan, yaitu zona imbuhan >1.200 m aml (di atas zona sesar Lembang), dan zona Imbuhan < 900 m aml (di bawah zona sesar Lembang); dan ternyata CAT Batujajar memiliki sistem imbuhan yang bersifat lokal atau memiliki kondisi hidrometeorologis yang berbeda dengan CAT Bandung-Soreang.



Gambar 5.4. Atas: Hubungan antara daerah resapan air almiyah (imbuhan airtanah) dan daerah konsentrasi pengambilan airtanah (lepasan air tanah) dan gambar bawah menunjukkan penampang Hidrogeologi wilayah Kota Bandung, (sumber: Lambok M. Hutasoit, 2020).

Sedangkan Dasapta Erwin Irawan (2016) dalam kajian hidrogeologinya mengajukan sebuah hipotesis yang berkaitan dengan laju infiltrasi di wilayah Bandung Utara dan sekitarnya. Hipotesis tersebut menunjukkan bahwa laju infiltrasi yang menunjukkan membesar ke arah vertikal, yaitu ke arah lapisan batuan yang dalam, sedangkan secara horizontal bergerak ke arah elevasi yang semakin rendah. Implikasinya adalah kapasitas infiltrasi untuk masing-masing satuan batuan (secara teori) dapat dihitung. Untuk itu diperlukan analisis *water balance*. Selain itu, dapat di duga bahwa jumlah mata air semakin banyak pada lapisan batuan yang laju infiltrasinya besar, artinya posisi munculnya mata air dikendalikan oleh jenis batuan dan topografi. Hal ini membuktikan atau menambah bukti bahwa kawasan imbuhan Bandung Utara bersifat lokal, tidak menerus seperti yang dinyatakan selama ini.

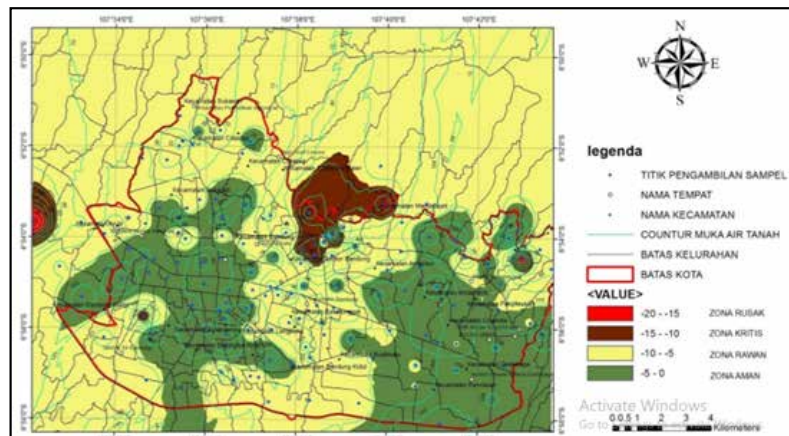


Gambar 5.5. Peta Hidrogeologi skala 1:250.000 yang diterbitkan Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan, Badan Geologi pada 1983.

Berdasarkan Peta Hidrogeologi Lembar Bandung skala 1:250.000 di atas yang diterbitkan Badan Geologi pada tahun 1983, (Gambar 5.5), menunjukkan bahwa kondisi hidrogeologi daerah Bandung dan sekitarnya masih banyak dijumpai sumur bor yang mengalir sendiri (artesis positif). Namun, pemakaian air tanah cukup intensif terjadi di wilayah Kota Bandung, seperti di wilayah Margahayu, Dayeuhkolot-Banjarian, maka kini artesis positif tersebut banyak yang hilang bahkan muka air tanah ada yang dalam kondisi kritis seperti terjadi di wilayah Rancaekek, Leuwigajah, dan lain sebagainya. Dampak negatif yang telah jelas dirasakan adalah perlunya pemboran dan pemasangan pompa yang lebih dalam untuk memperoleh airtanah.

Penurunan muka airtanah (MAT) yang cukup berarti telah terjadi di Kota Bandung, Kota Cimahi, Kabupaten Bandung, Kabupaten Bandung Barat, dan Kabupaten Sumedang, sebagai akibat dari pengambilan airtanah. Hal ini telah dilaporkan, antara lain oleh Iwaco-Waseco dan Departemen Pekerjaan Umum (PU, 1990), Wibowo dan Repoyadi (1995), Priowirjanto dan Marsudi (1995), Pusat Air Tanah dan geologi Tata Lingkungan (PATGTL, 2001), Dinas Pertambangan dan Energi Jawa Barat (Distamben Jabar) dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Institut Teknologi Bandung (LPPM ITB) (2002 & 2006). Penurunan muka air tanah di Cekungan Bandung tidak saja terjadi pada airtanah dalam (tertekan), juga terjadi pada airtanah dangkal (bebas) seperti terlihat pada Gambar 5.6 yang menunjukkan tingkat kekritisan *Muka Air Tanah Akuifer Dangkal Kota Bandung sampai 2015*.

Gambar 5.6. Peta Kedalaman Muka Air Tanah Akuifer Dangkal Kota Bandung 2015, (Sumber: Dasapta Erwin Irawan, 2016).



Dengan kondisi kikinian hidrogeologi Cekungan Bandung Bagian Utara, maka sepentasnya penataan ruang dan pengelolaan lingkungan khususnya wilayah Lembang dan sekitarnya perlu memperhatikan fungsinya sebagai daerah imbuhan air tanah. Apalagi Kawasan Cekungan Bandung Utara merupakan salah satu kawasan strategis Provinsi Jawa Barat yang melewati empat wilayah kota dan kabupaten di Jawa Barat. Kabupaten Bandung Barat merupakan wilayah yang memiliki persentase terbesar di Kawasan Cekungan Bandung Utara sebesar 25.227,80 Ha atau sekitar 64% dari total luas Kawasan Cekungan Bandung Utara. Kawasan ini memiliki pengaruh yang cukup besar bagi tata air cekungan Bandung terutama bagi daerah di bawahnya.

Namun pengelolaan di wilayah Kabupaten Bandung Barat yang termasuk dalam Kawasan Bandung Utara masih belum optimal. Untuk menjaga keberlangsungan fungsi konservasi kawasan sebagai daerah tangkapan air dan menimbulkan berbagai bencana alam, maka diperlukan arah kebijakan serta permasalahan yang dihadapi dalam pengelolaan Kawasan Bandung Utara di Kabupaten Bandung Barat.

Permasalahan tersebut di atas tidak bisa diselesaikan oleh pemerintah Kabupaten Bandung Barat sendiri, tentunya membutuhkan keterlibatan multi pihak, baik masyarakat, lembaga penelitian, perguruan tinggi, pemerintah provinsi maupun pemerintah pusat sebagaimana diamanatkan berbagai peraturan pemerintah, diantaranya: 1) Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat Nomor 22 Tahun 2010 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Jawa Barat. Dalam peraturan ini KBU diarahkan sebagai Kawasan Strategis Provinsi (KSP) untuk kepentingan fungsi dan daya dukung lingkungan hidup; 2) Peraturan Gubernur Jawa Barat Nomor 2 Tahun 2016 tentang Pedoman Pengendalian Kawasan Bandung Utara Sebagai Kawasan Strategis Provinsi Jawa Barat. Peraturan Gubernur ini mengarahkan bahwa pemanfaatan ruang kawasan budi daya di KBU dilakukan dengan mempertimbangkan daya dukung dan daya tampung lingkungan (Pemerintah Daerah Provinsi Jawa Barat, 2016); dan 3) Peraturan Presiden Nomor 45 Tahun 2018 tentang Rencana Tata Ruang Kawasan Perkotaan Cekungan Bandung. Peraturan ini mengarahkan pengembangan Kawasan Perkotaan Cekungan Bandung bagian utara secara terbatas dengan memerhatikan daya dukung dan daya tampung lingkungan untuk mendukung kegiatan permukiman, pertanian, pariwisata, dan konservasi (Pemerintah Republik Indonesia, 2018).

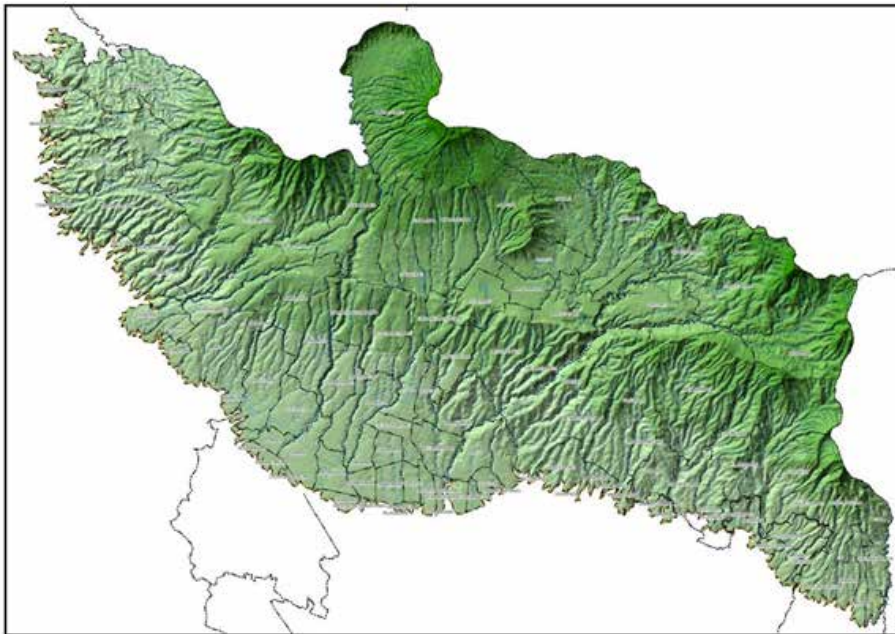
Tentunya dengan berbagai peraturan perundangan tersebut, Badan Geologi sebagai instansi pemerintah pusat perlu memberi perhatian dan solusi terhadap berbagai permasalahan lingkungan yang dihadapi Kawasan Cekungan Bandung bagian Utara sesuai dengan kewenangan yang dimilikinya, apalagi permasalahan utama kawasan ini berkaitan dengan kondisi geologi lingkungan khususnya terjadinya penurunan fungsi resapan air akibat pertumbuhan penduduk dan alih fungsi lahan yang semakin mengkhawatirkan dan perlu segera dicarikan selusinya seperti yang diamanatkan peraturan perundangan yang umumnya bahwa arahan pengembangan Kawasan Bandung Utara adalah sesuai dengan fungsinya sebagai kawasan resapan air. Oleh karena itu, Badan Geologi telah melakukan penelitian yang berkaitan dengan zonasi resapan air yang dibutuhkan sebagai dasar dalam perencanaan tata ruang dan pengelolaan lingkungan.

5.2. MENAKAR SUMBER DAYA AIR TANAH WILAYAH BANDUNG UTARA

5.2.1. Keadaan Umum

Kawasan Bandung Utara mempunyai luas 38.548,33 Ha, meliputi wilayah administrasi Kab. Bandung 9.152,66 Ha (3 kecamatan, 2 kelurahan dan 18 desa), Kabupaten Bandung Barat 24.820,9 Ha (6 kecamatan dan 49 desa), Kota Bandung

Morfologi ini terbagi kedalam 4 (empat) zona, yaitu zona bagian utara patahan Lembang, zona bagian selatan patahan Lembang, zona bagian timur, dan zona bagian barat yang secara keseluruhan mempunyai kemiringan lereng dan relief permukaan yang beragam (Gambar 5.8).



Gambar 5.8. Relief Permukaan Kawasan Bandung Utara

- **Morfologi Zona Bagian Utara Patahan Lembang**

Merupakan wilayah pegunungan yang didalamnya terdiri atas Gunung Burangrang, Gunung Tangkubanparahu dan Gunung Bukittunggul. Disekitar kaki Gunung Tangkubanparahu dan Gunung Bukittunggul tersusun oleh daerah bergelombang hingga hampi datar yaitu dataran tinggi Lembang dan Cibodas. Dibagian puncak Gunung Tangkubanparahu (2076 mdpl) terdapat kaldera mempunyai kemiringan yang terjal (>70%) hingga hampir tegak, sebagai pencerminan pembentukan gunungapi muda. Gunungapi tua adalah Gunung Sunda yang icerminkan oleh adanya dinding kaldera tua dibagian baratlaut Gunung Tangkubanparahu yang mempunyai kemiringan lereng yang terjal mencapai 70%. Diantara kaldera Gunung Sunda dan tubuh Gunung Tangkubanparahu terdapat Morfologi cekungan antar gunung (*intermountain plain*) yang mempunyai relief permukaan relative datar, yang didalamnya terdapat daerah genangan yang dikenal dengan Situ Lembang. Situ Lembang ini terbentuk karena terbedungnya aliran bagian hulu Sungai Cimahi yang dibuat Pemerintah Belanda untuk sumber baku air bersih wilayah Cimahi dan sekitarnya.

Di bagian lereng tubuh Gunung Tangkubanparahu mempunyai relief permukaan dari terjal hingga landai dengan kemiringan antara 5 hingga 30%, umumnya

lahan disekitarnya dimanfaatkan untuk tanaman sayuran. Adapun dibagian selatan merupakan bagian kaki GunungTangkubanparahu berelief landai dengan kemiringan kurang dari 15% sebagai daerah permukiman yang cukup padat, sebagai permukiman pedesaan, cottage dan villa yang secara administrasi masuk kedalam wilayah Kecamatan Parompong.

Di bagian timur G. Tangkubanparahu terbentuk oleh rangkaian pegunungan yang di dalamnya terdapat Gunung Lingkung (1529 mdpl), Gunung Cikendung (1509 mdpl) dan Gunung Korsi(1430 mdpl), relief permukaan terjal dengan kemiringan mencapai 70% hingga lebih, penggunaan lahan eksisting hutan lebat dan perkebunan. Rangkaian pegunungan ini merupakan bagian dari Gunung Sunda, yaitu gunungapi tua sebelu Gunung Tangkubanparahu terbentuk.

Di bagian selatan pegunungan tersebut berelief landai hingga hampir datar, seperti disekitar desa Cikawari, desa Cikareumbi dan desa Cibodas, daerah ini umumnya merupakan daerah permukiman pedesaan dengan lahan sekitarnya dimanfaatkan untuk tanaman sayuran. Sungai-sungai yang di bagian selatan Gunung Tangkubanparahu terdapat peninggalan dari Gunung Sunda membentuk punggung hampir setengah lingkaran, yaitu Gunung Putri (1587 mdpl) dengan kemiringan lereng mencapai 70%.

Di bagian baratdaya, Selatan hingga tenggara Gunung Putri merupakan daerah yang relative landai hingga datar sebagai daerah permukiman pedesaan yang cukup padat yaitu kotaLembang, sebagai pusat kegiatan pemerintahan kecamatan, komersial, jasa dan pertanian. Sungai-sungai yang mengalir disekitar Gunung Putri yaitu sungai Cibogo dan Sungai Cigulung, merupakan anak sungai Cikapundung. Pola aliran sungai di wilayah bagian timur dan tenggara Gunung Tangkubanparahu Tersebut meranting dengan kerapatan sungai mencapai 6 km/km².

- **Morfologi Zona Bagian Selatan Sesar Lembang**

Merupakan punggung bukit mulai dari Ngamprah hingga Cilengkrang yang miring ke arah selatan. Zona ini merupakan batas Cekungan Bandung bagian utara dengan relief permukaan perbukitan yang didalamnya terdapat lembah-lembah dengan kedalaman yang beragam. Bagian punggung bukit umumnya memanjang relative utara-selatan dengan ketinggian terendah 750 m dan tertinggi 1475 m, mempunyai kemiringan lereng yang terjal, dimanfaatkan untuk pertanian lahan kering dan sayuran setempat dimanfaatkan untuk permukiman pedesaan, cottage dan villa.

Sungai-sungai yang berada didalamnya ada yang berasal dari bagian utara yang berhulu di Gunung Tangkubanparahu dan sekitarnya memotong jalur patahan Lembang, seperti sungai Cikapundung, sungai Cibeureum dan sungai Cimahi, sedangkan yang sungai-sungai yang berhulu disekitar perbukitan diantaranya sungai Ciwaruga, sungai Cilemahndeut, sungai Cibarani, sungai Cidurian dan sungai Cipaheut. Sungai-sungai yang berada di wilayah perbukitan ini umumnya berair sepanjang tahun, tetapi pada musim kemarau dibagian yang mendekati bagian hulu sungai menunjukkan surut maksimum hingga beberapa sentimeter kedalamannya.

Pola aliran sungai secara keseluruhan hampir sejajar (parallel) dan setempat semi meranting (semi-dendritik) dengan kerapatan kurang dari 6km/km². Penggunaan lahan di wilayah Morfologi ini adalah permukiman pedesaan dan pertanian (lahan kering dan lahan basah).

- **Morfologi Zona Bagian Timur**

Merupakan bagian dari G.Manglayang sebagai batas Kawasan Bandung Utara bagian timur. Bagian utara dibentuk oleh G.Manglayang umumnya berrelief tinggi dengan kemiringan lereng >40% dengan lembah dalam, sedangkan di bagian kaki G.Palasaki relief permukaan landai hingga bergelombang dengan kemiringan lereng <30% yang sebagian berupa permukiman pedesaan dan lahan sawah. Pola aliran sungai relative sejajar dengan kerapatan mencapai 3km/km².

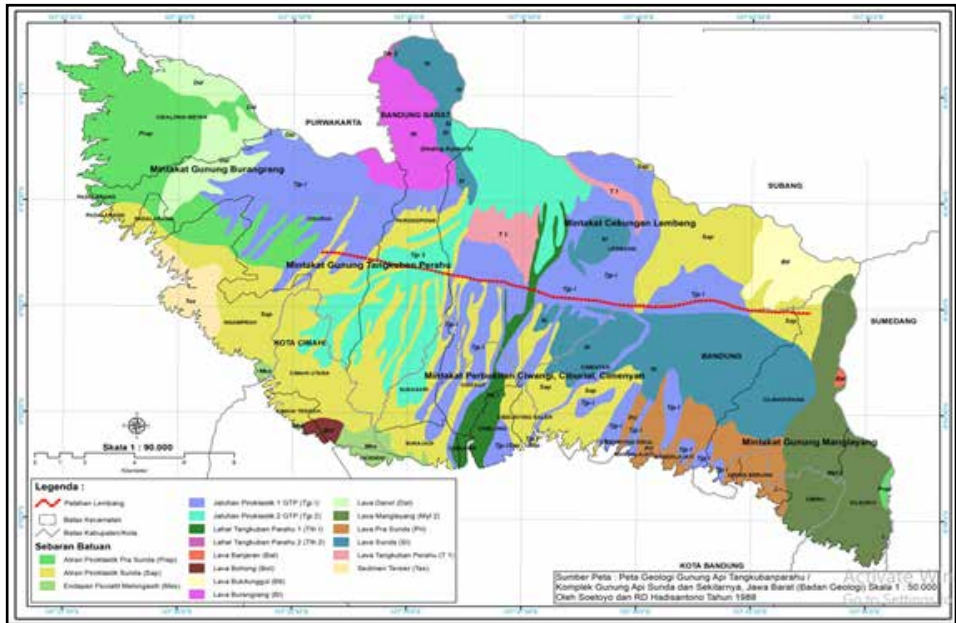
- **Morfologi Zona Bagian Barat**

Merupakan bagian dari G.Burangrang sebagai batas Kawasan Bandung Utara bagian barat, secara administrasi termasuk kedalam wilayah Kecamatan Cikalong Wetan Kab. Bandung Barat. Releif permukaan di bagian selatan sudah mengalami pembikuan/ penorehan yang kuat (*dissected*) oleh pengikisan aliran permukaan, lembah yang sempit dan curam (>40%) dengan kerapatan sungai 3–6km/km² hingga lebih.

5.2.2.2. Geologi

Berdasarkan pemetaan secara rinci geologi wilayah Gunung Tangkubanparahu yang dilakukan oleh Soetoyo dan Hadisantono (1988), Kawasan Bandung Utara dibagi kedalam 15 satuan batuan produk gunungapi, satu batuan sedimen dan satu satuan endapan sungai (Gambar 5.9). Dari 15 satuan batuan gunungapi, 5 (lima) satuan batuan merupakan produk gunungapi muda dari gunungapi G. Tangkubanparahu, yaitu jatuhan piroklastik Tangkubanparahu 2, jatuhan piroklastik Tangkubanparahu 1, aliran (lahar) piroklastik Tangkubanparahu 1, aliran (lahar) piroklastik Tangkubanparahu 2 dan lava Tangkubanparahu. Sembilan satuan batuan produk gunungapi tua dari Gunung Sunda, yaitu aliran piroklastik Sunda, aliran piroklastik Pra Sunda, lava Burangrang, lava Sunda, lava Pra Sunda, Lava Banjaran, Lava Bohong, Lava Bukittinggul, Lava Danol dan Lava Manglayang. Satu satuan batuan produk endapan fluvial yaitu endapan fluvial Melongasih. Sedangkan batuan tertua yang mengalasi cekungan Bandung tersusun oleh batuan sedimen berumur Tersier.

Struktur geologi yang berkembang dan sangat di kenal masyarakat di Kawasan Bandung Utara adalah patahan Lembang. Patahan Lembang ini adalah salah satu unsur pembentuk dataran tinggi Lembang, karena patahan ini memotong tubuh bagian selatan Gunungapi Sunda yang berarah timur–barat sepanjang 12km mulai dari Cisarua–Lembang–Maribaya. Secara keseluruhan, bukit-bukit yang mempunyai kelurusan gawir berarah timur–barat dibentuk oleh batuan dari Gunungapi Sunda yang mengalami pergeseran relative tegak. Arah pergeserannya adalah blok bagian utara mengalami gerak turun dan bagian selatan relative naik dengan bidang gelincir relative miring kearah utara (Soetoyo dan Hadisantono, 1988).



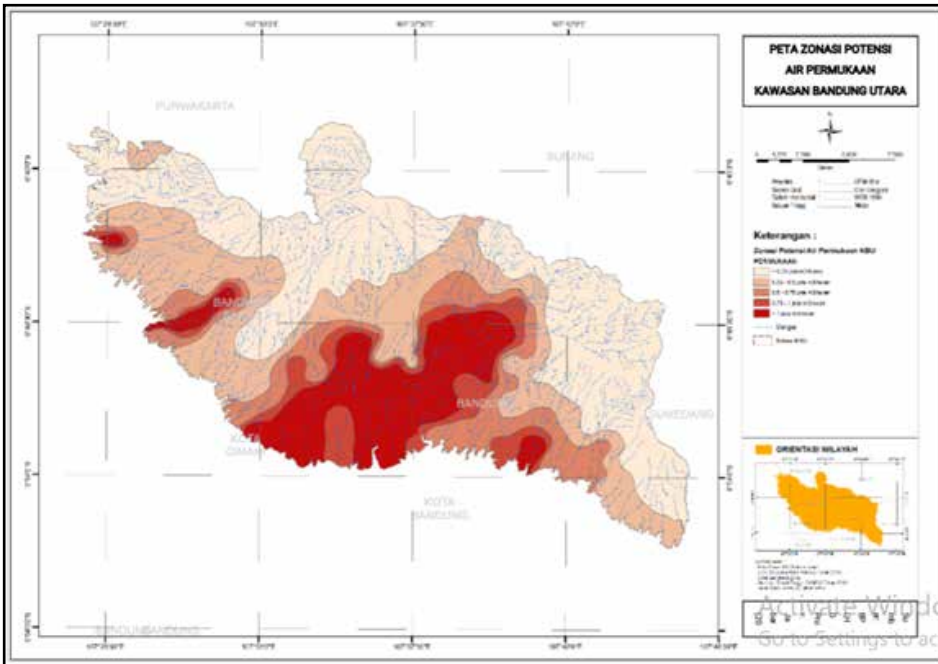
Gambar 5.9. Peta Geologi Kawasan Bandung Utara.

5.2.2.3. Potensi Sumber Daya Air

A. Air Permukaan

Kawasan Bandung Utara (KBU) merupakan daerah pegunungan yang memanjang dengan arah relatif barat timur. Pada daerah ini terdapat banyak sungai-sungai baik yang bersifat permanen maupun sungai musiman. Sungai-sungai tersebut ada yang berasal dari bagian utara yang berhulu di GunungTangkubanparahu dan sekitarnya memotong jalur patahan Lembang, seperti Sungai Cikapundung, Sungai Cibereum dan Sungai Cimahi, sedangkan yang sungai-sungai yang berhulu disekitar perbukitan diantaranya Sungai Ciwaruga, Sungai Cilemahndeut, Sungai Cibarani, Sungai Cidurian, dan Sungai Cipaheut. Sungai-sungai yang berada di wilayah perbukitan ini umumnya berair sepanjang tahun, tetapi pada musim kemarau dibagian yang mendekati bagian hulu sungai menunjukkan surut maksimum hingga beberapa sentimeter kedalamannya.

Potensi air permukaan berkisar antara $0.04 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{bulan}$ hingga $8.80 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{bulan}$, dengan debit rata-rata untuk DAS Cikapundung $3.36 \text{ m}^3/\text{dt}$, debit rata-rata untuk DAS Cibereum $1.28 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan debit rata-rata untuk DAS Cimahi $0.71 \text{ m}^3/\text{dt}$. Air hujan yang dapat mengimbuh kedalam tanah dan menjadi air tanah mencapai berkisar dari 25% hingga 45%, potensi air tanah yang berada di KBU berkisar dari $0.02 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{bulan}$ hingga $5.57 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{bulan}$.



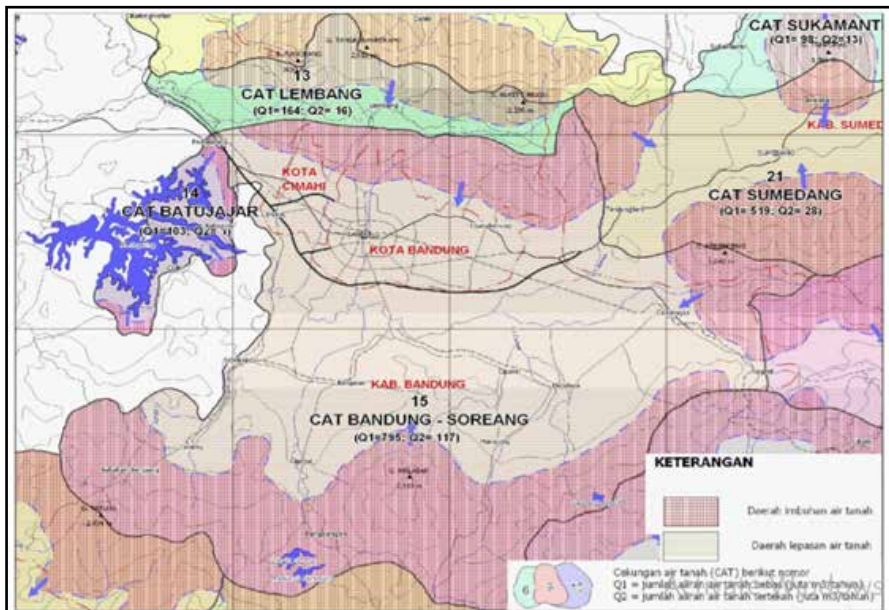
Gambar 5.10. Distribusi spasial potensi air permukaan di wilayah Kawasan Cekungan Bandung Bagian Utara.

B. Potensi Air Tanah

Kawasan Bandung Utara secara hidrogeologis tersusun atas sistem akuifer dengan berbagai macam karakter, baik sistem media pori, media rekah, maupun perpaduan antara media pori dengan media rekah. Karakter tersebut membentuk akifer dengan produktif sedang dengan penyebaran luas yang tersebar di bagian tengah hingga selatan wilayah Kawasan Bandung Utara dan setempat akuifer produktif yang tersebar di bagian utara wilayah Kawasan Bandung Utara.

Bila dilihat dari batasan dan proses hidrogeologis, seperti batas hidrogeologis, proses pengimbuhan, pengaliran, dan pelepasan airtanah yang berlangsung, maka Wilayah Kawasan Bandung Utara masuk dalam dua wilayah Cekungan Air Tanah (CAT), yaitu CAT Bandung–Soreang dan CAT Lembang. Bagian utara dari Kawasan Bandung Utara termasuk dalam wilayah CAT Lembang, sedangkan bagian selatan masuk dalam Wilayah CAT Bandung–Soreang (Gambar 5.11). Antara CAT Lembang dan CAT Bandung ini dibatasi oleh Sesar Lembang sehingga secara hidrogeologis merupakan batas atau pemisah aliran airtanah antar kedua CAT tersebut. Wilayah Kawasan Bandung Utara bagian selatan merupakan daerah imbuhan bagi CAT Bandung–Soreang.

CAT Lembang secara umum tersusun atas Tuf pasir dari G. Danau dan G. Tangkubangperahu serta tuf berbatuapung. Batuan gunung api Kuarter tua tak teruraikan, terdiri atas breksi, lahar, dan lava. CAT Bandung–Soreang tersusun

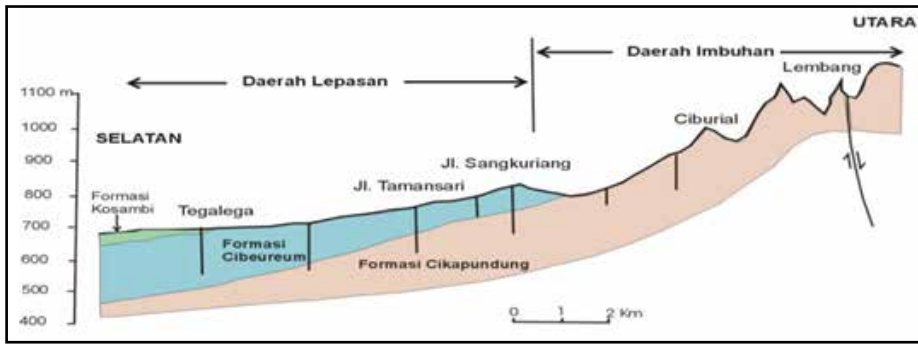


Gambar 5.11. Peta Cekungan Air Tanah Daerah Bandung

atas Endapan danau, terdiri atas batupasir tufan dan kerikil tufan. Tuf pasiran dari G. Dano dan G. Tangkubanperahu serta tuf batuapung dari G. Tangkubanperahu. Batuan gunung api Kuarter tua, berupa lava basal. Batuan gunung api Kuarter tua tak teruraikan, terdiri atas breksi, lahar, dan lava. Batuan gunungapi muda tak teruraikan, terdiri atas pasir, lapili, breksi, lava, dan aglomerat. Batuan gunungapi G. Malabar-Tilu, terdiri atas tuf, breksi, dan lava. Andesit Waringin-Bedil-Malabar tua, terdiri atas lava, breksi, dan tuf, serta batuan gunungapi dari G. Guntur-Pangkalan.

Antara CAT Lembang dan CAT Bandung-Soreang secara hidrogeologis tidak ada hubungan yang berarti oleh karena adanya batas tanpa aliran eksternal berupa Sesar Lembang (Gamba 5.12). Sesar lembang tersebut memanjang dengan arah relatif barat-timur memisahkan kedua CAT tersebut dan juga terhadap wilayah Kawasan Bandung Utara. Meskipun demikian, secara hidrologis antara kedua CAT tersebut memiliki hubungan karena beberapa sungai memiliki daerah aliran sungai yang melewati Sesar Lembang. Sungai-sungai yang melewati Sesar Lembang tersebut yang terbesar adalah Sungai Cikapundung, kemudian setelah itu ada Sungai Cibeureum dan Sungai Cimahi.

Berdasarkan atas hitungan neraca air pada ketiga sungai yang melintasi Sesar Lembang tersebut, aliran air Sungai Cikapundung yang berada di zona Sesar Lembang memiliki debit sekitar $5,76\text{m}^3/\text{bulan}$, sementara Sungai Cibeureum memiliki debit sekitar $1,86\text{m}^3/\text{bulan}$, dan Sungai Cimahi memiliki debit sekitar $0,89\text{m}^3/\text{bulan}$. Air tersebut kemudian mengalir kewilayah CAT Bandung-Soreang bagian utara atau wilayah Kawasan Bandung Utara bagian selatan, dan akan berinteraksi dengan air tanah disekitar aliran sungai tersebut.



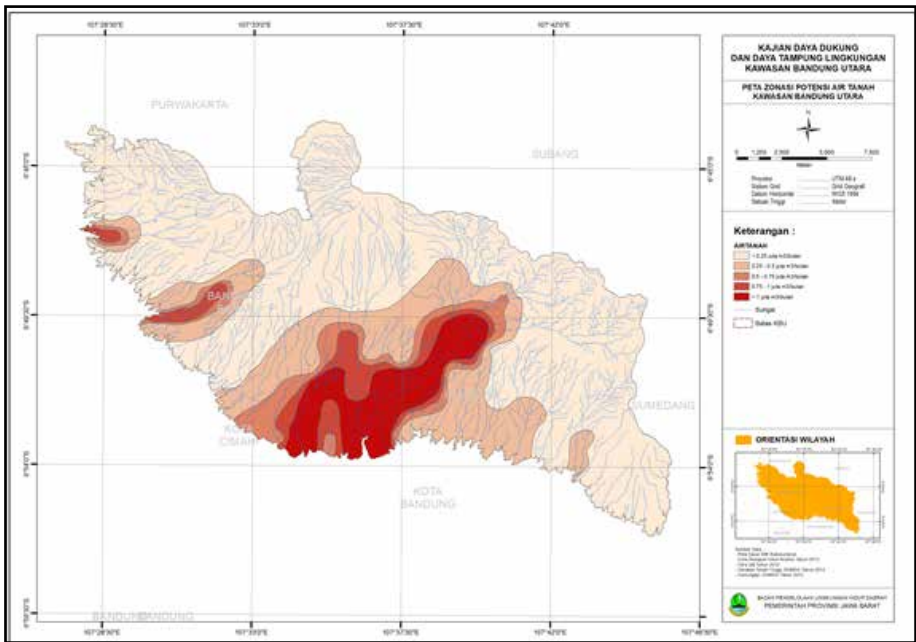
Gambar 5.12. Penampang Akuifer Cekungan Bandung Bagian Utara

Secara hidrogeologi wilayah KBU mempunyai akuifer dengan produktivitas rendah sampai tinggi. Akuifer produktif sampai produktivitas tinggi dijumpai pada Formasi Cibeureum (Aliran Piroklastika Sunda, Lahar Tangkubanparahu 1 dan 2) di bagian selatan. Akuifer dengan produktivitas sedang dijumpai pada Formasi Cikidang (Aliran Piroklastika Sunda, Jatuhan Piroklastika Sunda) dan Formasi Cikapundung (Lava Pra Sunda, Lava Sunda) yang terletak di kaki bukit, sementara di atasnya setempat-setempat dijumpai akuifer produktif. Di daerah puncak-puncak bukit merupakan daerah airtanah langka.

Berdasarkan atas karakteristik morfologi, wilayah KBU sebagian besar merupakan daerah tangkapan air untuk cekungan Bandung. Resapan curah hujan di daerah penyelidikan mengalir ke tubuh airtanah dangkal dan sebagian diteruskan sebagai imbuan airtanah dalam karena adanya perbedaan tinggi muka airtanah dangkal dan muka airtanah dalam. Berdasarkan hasil perhitungan neraca air diperoleh angka resapan aktual berkisar antara 25 - 45%. Hal ini menunjukkan bahwa air hujan yang terjadi di wilayah KBU, sebanyak 25 - 45% terinfiltrasi ke dalam tanah menuju zona jenuh air membentuk air tanah. Air tanah tersebut secara setempat muncul ke permukaan sebagai mataair dan juga sebagai rembesan pada dinding atau dasar sungai membentuk aliran dasar (*baseflow*).

Berdasarkan atas perhitungan potensi air tanah dengan menggunakan Metode Mock terlihat bahwa potensi air tanah bervariasi dari satu lokasi ke lokasi satu lainnya. Bervariasinya potensi air tanah tergantung dengan beberapa kondisi antara lain berupa luas DAS, semakin luas daerah tangkapan air maka akan memberikan potensi air tanah yang besar. Selain itu, pada bagian hilir DAS maka akan memberikan besaran debit air tanah yang lebih besar dibanding dengan daerah hulu karena daerah hilir merupakan daerah akumulasi air baik air permukaan maupun air tanah. Potensi air tanah yang rendah terletak pada bagian tengah hingga bagian utara wilayah KBU karena pada daerah tersebut seain memiliki luas DAS yang relatif sempit dan juga merupakan daerah hulu sehingga akumulasi air relatif sedikit.

Hasil perhitungan neraca air menunjukkan bahwa potensi air tanah pada suatu wilayah DAS bervariasi dari 0,02 juta m³/bulan hingga 5,57 juta m³/bulan dengan



Gambar 5.13. Distribusi spasial potensi air tanah di wilayah KBU

rata-rata 0,32 juta m³/bulan. Potensi air tanah yang tinggi terletak pada bagian selatan wilayah KBU, terutama bagian tengah hingga hilir DAS Cikapundung. Selain itu, pada bagian hilir DAS Cibereum dan DAS Cimahi juga terlihat adanya potensi air tanah yang relatif tinggi (Gambar 5.13).

C. Potensi Mata Air

Di daerah Kawasan Bandung Utara mataair pertama muncul karena adanya pemotongan topografi air tanah tenggek (*perched groundwater*) di daerah lembah yang curam, pemunculan mataair ini banyak dijumpai dengan debit bervariasi dari beberapa l/detik hingga mencapai 40 l/detik atau lebih. Airtanah tenggek terbentuk karena adanya aliran lava yang bertindak sebagai lapisan penyekat. Beberapa ratus meter di bawahnya muncul mata air yang berikutnya dengan tipe yang sama tetapi lembah sudah menyerupai huruf U. Di daerah ini mataair dimanfaatkan seluruhnya untuk irigasi sehingga tidak ada limpasan.

Beberapa mata air yang dijumpai di lapangan umumnya telah dimanfaatkan untuk air bersih oleh perkampungan, perumahan bahkan telah dikelola oleh pihak swasta untuk warga di bagian hilirnya yang memerlukan, seperti:

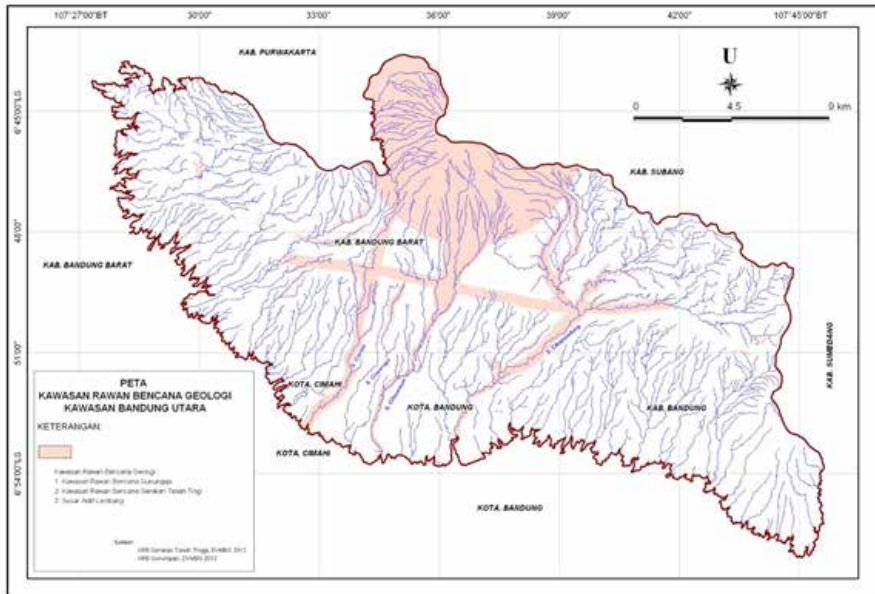
- **Mata Air Palasari**, mata air ini terdapat di bagian tenggara kaki G. Palasari Kecamatan Cilengkrang terdiri dari beberapa mata air yang keluar di bagian lembah dan disatukan untuk dimanfaatkan untuk air bersih Perumahan Manglayang Regency, debit mencapai 10 l/detik.

- **Mata Air Cisurupan**, mata air ini terdapat di bagian selatan baratdaya kaki G. Manglayang tepatnya di kampung Cigagak Kaler Kelurahan Cisurupan, mata air ini keluar dari tepian tebing curam yang tersusun oleh lava terdiri dari kelompok mata air yang dikumpulkan dan dikelola oleh PDAM Tirtawening Kota Bandung.
- **Mata air Cikole**, mata air ini keluar dari lava berongga dan berkekar yang terpotong pula oleh oleh topografi berada di desa Cikole-Lembang. Debit mata air ini cukup besar berasal dari 7 (tujuh) sumber mata air mencapai debit lebih dari 50 l/dt yang banyak dimanfaatkan oleh penduduk setempat untuk keperluan sehari-hari.
- **Mata Air Cibuntu**, mata air ini sejak jaman Belanda berada di desa Cimenyan dengan debit sekitar 30 l/ detik, sebagian mataair tersebut telah dimanfaatkan untuk suplesi air bersih kompleks perumahan di bagian hilirnya dan sebagian lagi untuk irigasi.
- **Mata Air Talaga Kahuripan**, mata air ini berada di desa Ganjarsari Kec. Cicalong Wetan yang keluar dibagian rekahan lava Pra Sunda dengan debit mencapai 50 l/dt dan dimanfaatkan untuk 3 (tiga) desa, yaitu desa Cipada, desa Mandalamukti dan desa Ciptagumanti.

5.2.2.4. Potensi Kebencanaan

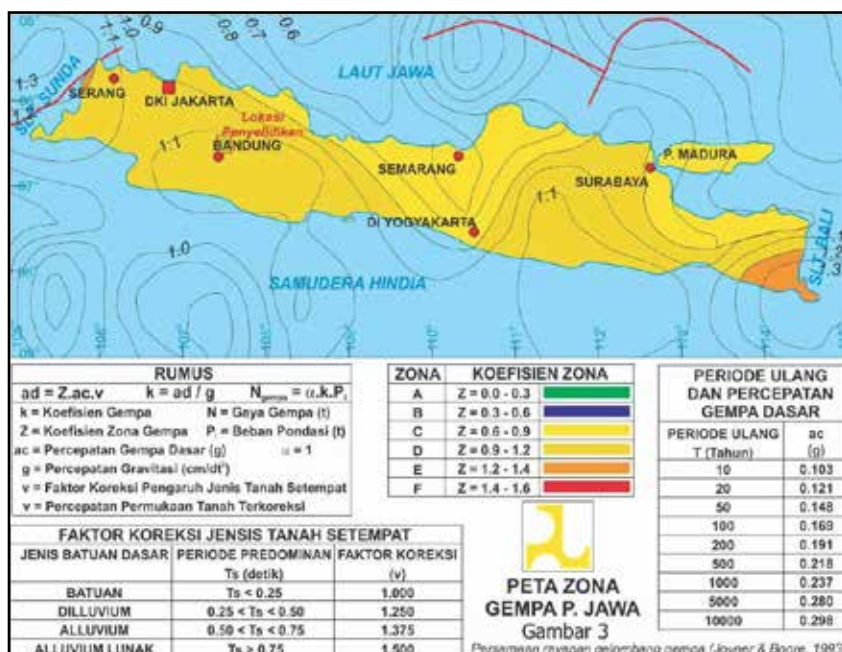
Kemungkinan bahaya geologi bisa terjadi di Kawasan Bandung Utara berupa letusan gunung api, gerakan tanah, patahan aktif (Lembang), dan gempa bumi, (lihat Gambar 5.14).

- Gunung Tangkubanparahu yang berada di Kawasan Bandung Utara merupakan potensi terjadinya letusan gunung api. Menurut data yang diperoleh dari Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2000, periode istirahat letusan gunung api ini yang tercatat dari tahun 1829 hingga 1956, rata-rata selama 30,5 tahun. Oleh karena itu Badan Geologi melalui Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) menerbitkan Peta Kawasan Rawan Bencana Letusan Gunung Api Tangkubanparahu.
- Zona Kerentanan Gerakan Tanah di Kawasan Bandung Utara dapat dibagi menjadi 3 zona, sebagai berikut
 - **Zona Kerentanan Gerakan Tanah Rendah**, Zona ini menempati daerah berkemiringan lereng landai dengan litologi endapan proklastik dan lava hasil kegiatan G. Tangkubanparahu dan G. Sunda. Sebarannya sangat luas terutama di bagian tengah, timur, dan selatan Kawasan Bandung Utara.
 - **Zona Kerentanan Gerakan Tanah Sedang**, zona ini menempati daerah berkemiringan lereng sedang dengan litologi endapan proklastik, dan daerah berkemiringan lereng curam dengan litologi umumnya terusun lava hasil kegiatan G. Tangkubanparahu dan G. Sunda. Zona kerentanan gerakan tanah sedang diantaranya terdapat sebelah barat Parongpong, sebelah utara Cihanjuang, sebelah utara dan timur Lembang, sebelah utara dan timur Punclut, serta di sekitar perbukitan Cimenyan.



Gambar 5.14. Peta Bahaya Geologi di Kawasan Bandung Utara

- **Zona Kerentanan Gerakan Tanah Tinggi**, zona ini menempati daerah berlereng curam (>40 %) dengan litologi umumnya terusun dari endapan jatuhnya proklastik G. Tangkubanparahu, diantaranya di bagian tebing S. Cimahi, S. Cibeureum, dan S. Cikapundung. Zona sepanjang Sesar Lembang dan gawir lembah sungai merupakan zona sensitive untuk berpotensi longsor, umumnya tersusun oleh batuan produk gunungapi G. Tangkubanparahu yang umumnya bersifat belum terkonsolidasi dengan baik.
- Gempabumi merupakan salah satu potensi bencana yang mungkin terjadi di KBU. Menurut peta Risiko Gempabumi Indonesia (Direktorat Jenderal Pengairan, 1980) sebagian besar daerah Jawa Barat termasuk koefisien zona (z) sebesar 1.00. Dengan memasukan faktor korelasi jenis tanah/batuan sebesar 0.71 dan 2.76, maka koefisien gempa yang terjadi di sekitar Kawasan Bandung Utara dalam periode ulang gempa (T) 20 tahun dan percepatan (ac) 85 gal adalah sebesar 0.05 (Gambar 5.15). Sementara di wilayah KBU ini terdapat sesar yang banyak di kenal masyarakat yaitu Sesar Lembang. Sesar Lembang ini merupakan salah satu sesar aktif di Indonesia, usia sesar ini terbilang muda sekitar 500 ribu sampai 1 juta tahun lalu, membentang berarah relatif barat – timur dengan panjang sekitar 12 km mulai dari Cisarua sampai Palasari. Walaupun dikategorikan sesar aktif, Sesar Lembang pergerakannya hanya sekitar 2 milimeter per tahun. Menurut ahli geologi Awang Harun (2021), kecil kemungkinan di zona sesar Lembang akan terjadi gempa berskala besar, karena sesar tersebut posisinya jauh dari pertemuan lempeng Samudra Hindia dan Euroasia. Namun demikian keberadaan sesar ini tetap harus diwaspadai dan dipantau.



Gambar 5.15. Peta Zonasi Gempa Bumi Pulau Jawa

5.2.3. Zonasi Potensi Resapan Air

Sebagaimana telah dijelaskan para ahli hidrogeologi, bahwa secara hidrogeologis Kawasan Bandung Utara memiliki karakter sistem akuifer dengan aliran airtanah melalui media rekahan dan ruang antar butir yang disusun batuan produk gunungapi (volkanik) seperti lava, breksi gunungapi, dan tuf.

Potensi resapan air merupakan manivestasi seberapa besar air hujan yang meresap kedalam tanah melalui media rekahan dan ruang antar butir, sehingga dapat menggambarkan tatanan air tanah (hidrogeologi) daerah penyelidikan. Potensi resapan air yang dimaksud disini seperti yang dikemukakan oleh Toth (1999), yaitu secara umum air hujan yang jatuh di suatu daerah selanjutnya akan menjadi air limpasan (run off), menyerap ke dalam tanah (infiltrasi) dan kembali menguap ke udara dalam bentuk transpirasi dan atau evaporasi. Dengan demikian membentuk hubungan yang kemudian dikenal sebagai persamaan neraca air, seperti berikut ini:

$$P = ET + R + I$$

Dimana:

P = Curah hujan

ET = Evapotranspirasi

R = Air limpasan (run off)

I = Infiltrasi

5.2.3.1. Pendekatan Analisis

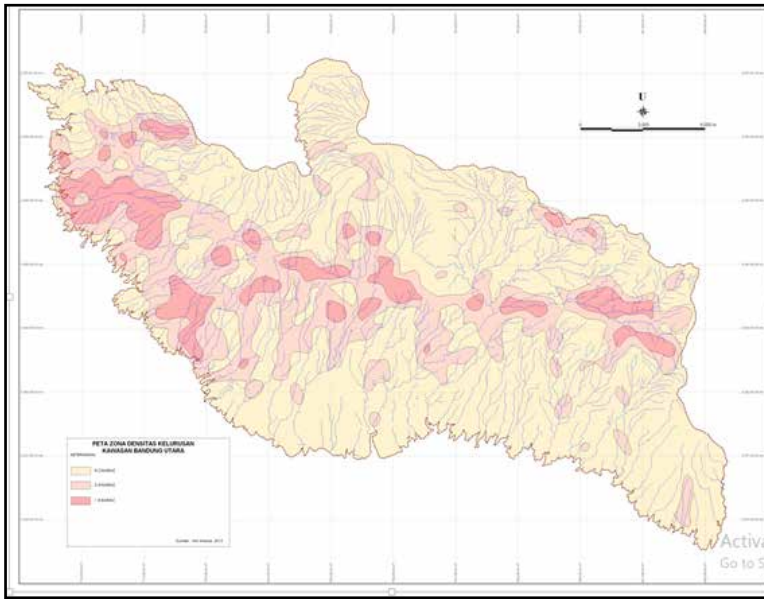
Menurut Shaban (2005, dalam Setiawan T., 2010), potensi resapan air suatu daerah merupakan suatu integrasi dari beberapa faktor yang saling mempengaruhi terhadap proses peresapan air hujan sebagai refleksi dari karakter topografi. Faktor – faktor tersebut antara lain : kelurusan, drainase, litologi, curah hujan, dan tutupan lahan atau penggunaan lahan. Dalam pendekatan analisis ini faktor penggunaan lahan tidak dimasukkan, karena akan dipergunakan kedalam analisis neraca air dan analisis rekomendasi penggunaan lahan. Berdasarkan faktor ini, masing-masing faktor diberikan bobot penilaian untuk memudahkan pembuatan peta potensi resapan sebagaimana menurut Tabel 5.1, dan disertai pula keahlian selama pengamatan di lapangan.

Tabel 5.1 Kriteria Penilaian Potensi Resapan

No	Komponen	Kisaran	Nilai Peringkat	Nilai Bobot	Skor
1	Kelulusan Batuan/ Tanah	Tinggi ($k = > 10^{-3}$ cm/dt)	8	4	32
		Sedang ($k = 10^{-3} - 10^{-4}$ cm/dt)	6		24
		Rendah ($k = < 10^{-4}$ cm/dt)	4		16
2	Curah Hujan	Tinggi > 3000 mm/thn)	8	3	24
		Sedang ($2000 - 3000$ mm/thn)	6		18
		Rendah (< 2000 mm/thn)	4		12
3	Kerapatan Kelurusan	Tinggi (> 4 km/km ²)	6	3	18
		Sedang ($2 - 4$ km/km ²)	4		12
		Rendah (< 2 km/km ²)	2		6
4	Kemiringan lereng	Tinggi ($< 15\%$)	6	3	18
		Sedang ($15 - 40\%$)	4		12
		Rendah ($> 40\%$)	2		6
5	Kerapatan Sungai	Tinggi (> 6 km/km ²)	6	2	12
		Sedang ($3 - 6$ km/km ²)	4		8
		Rendah (< 3 km/km ²)	2		4

Dari kelima faktor tersebut dilakukan proses tumpang susun dilakukan penilaian peringkat, sehingga menghasilkan Peta Potensi Resapan yang terbagi kedalam 3 (tiga) kelas yaitu tinggi, menengah dan rendah.

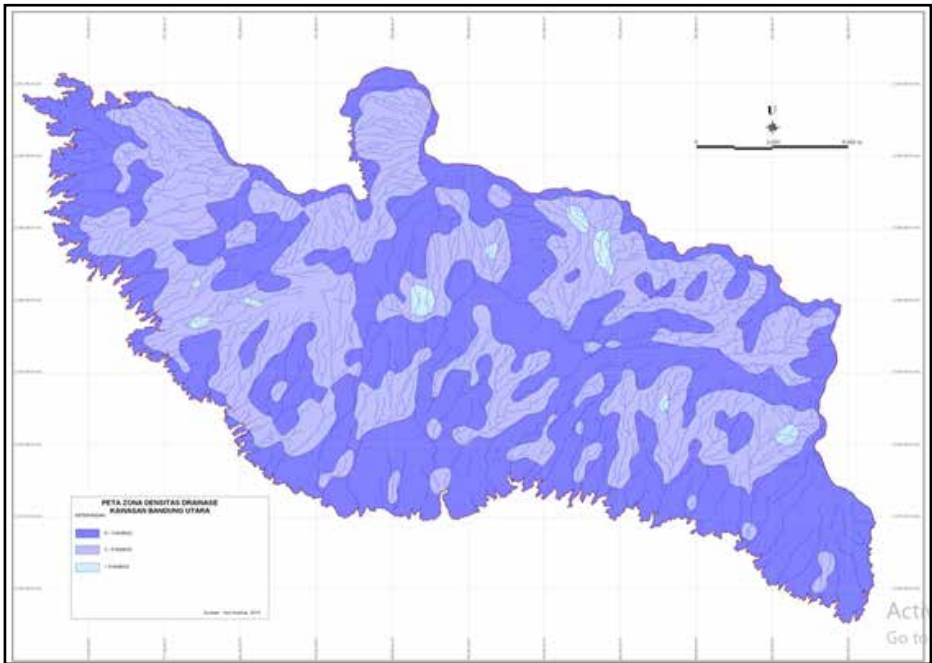
- **Kelurusan (lineament)**, gejala kelurusan terutama akan nampak dari foto udara atau citra satelit. Menurut Singhal dan Gupta (1999, dalam Setiawan T., 2010), kelurusan merupakan fenomena yang bersifat garis linear pada suatu obyek permukaan bumi yang diinterpretasi melalui teknologi penginderaan jauh atau foto udara. Fenomena kelurusan merupakan refleksi dari bidang ketidakmenerusan pada batuan seperti rekahan, kekar, dan sesar yang secara



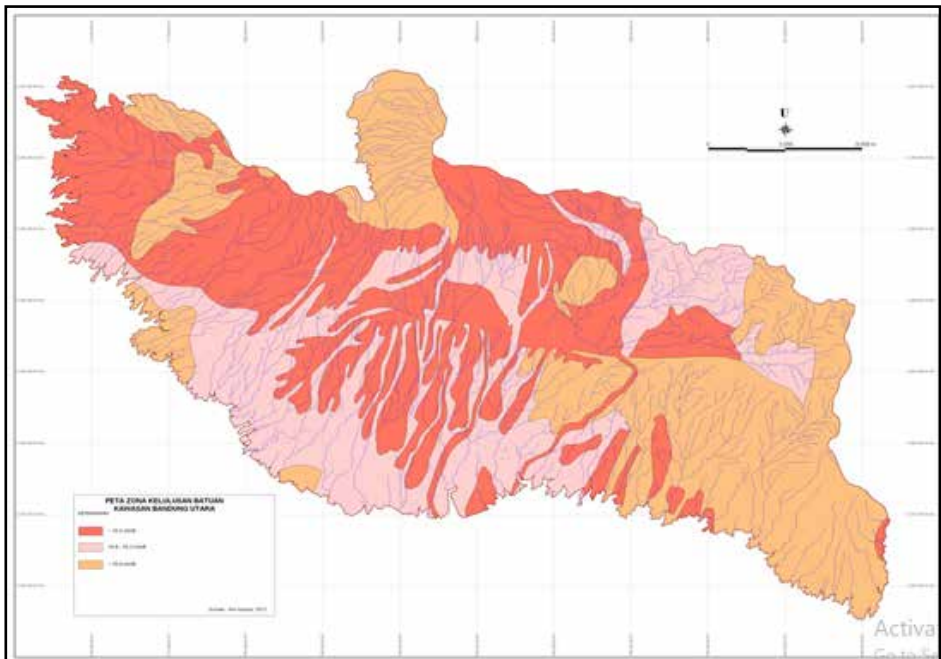
Gambar 5.16.
Peta Kerapatan
Kelurusan
(lineament
density)

morfologi merupakan bagian dari lembah – lembah perbukitan yang berkembang. Berdasarkan hasil interpretasi citra satelit (*Google*) yang dibantu perangkat lunak ArcGis, maka dapat dibuat peta potensi resapan dengan faktor densitas kelurusan terdiri dari rendah ($< 2 \text{ km/km}^2$), menengah $2 - 4 \text{ (km/km}^2)$ dan tinggi $> 4 \text{ (km/km}^2)$, seperti terlihat pada Gambar 5.16. Untuk parameter densitas kelurusan ini diberikan bobot nilai 4.

- **Kerapatan Drainase**, sistem drainase atau pola pengaliran sungai yang berkembang pada suatu daerah merupakan refleksi dari karakteristik batuan yang ada dan secara hidrogeologis berhubungan dengan berkembangnya porositas sekunder seperti sistem rekahan. Menurut Shaban (2003, dalam Setiawan T., 2010), frekuensi dari sistem drainase pada suatu daerah berhubungan dengan karakter dalam meresapkan air, semakin tinggi frekuensi dari sistem drainase maka semakin banyak resapan yang akan terjadi. Dari analisis kerapatan sungai (drainage density), maka daerah penyelidikan dapat dibuat peta potensi resapan dengan faktor densitas pengaliran sungai, terdiri atas densitas rendah ($< 3 \text{ km/km}^2$), densitas sedang ($3 - 6 \text{ km/km}^2$) dan densitas tinggi ($> 6 \text{ km/km}^2$) seperti terlihat pada Gambar 5.17. Untuk parameter densitas drainase ini diberikan bobot nilai 2.
- **Litologi Atau Batuan**, karakter litologi atau batuan yang tersingkap di permukaan merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap potensi air hujan yang meresap dan dapat dijadikan sebagai konfirmasi dari data pendukung dalam melakukan estimasi faktor – faktor yang mempengaruhi proses resapan. Untuk itu dapat dibuat peta potensi resapan dengan faktor kelulusan tanah/batuan, yaitu rendah (nilai $k < 10^{-4} \text{ cm/dt}$), sedang (nilai $k = 10^{-3} - 10^{-4} \text{ cm/dt}$), dan tinggi (nilai $k > 10^{-3} \text{ cm/dt}$), seperti terlihat pada Gambar 5.18. Untuk parameter kelulusan tanah dan batuan ini diberikan bobot nilai 3.

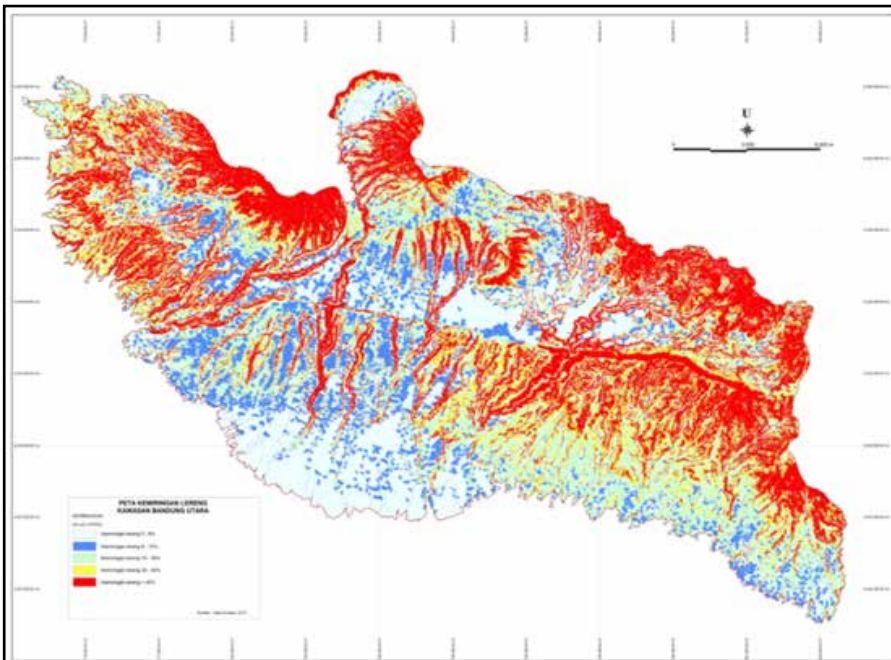


Gambar 5.17. Peta Kerapatan Drainase (*drainage density*)



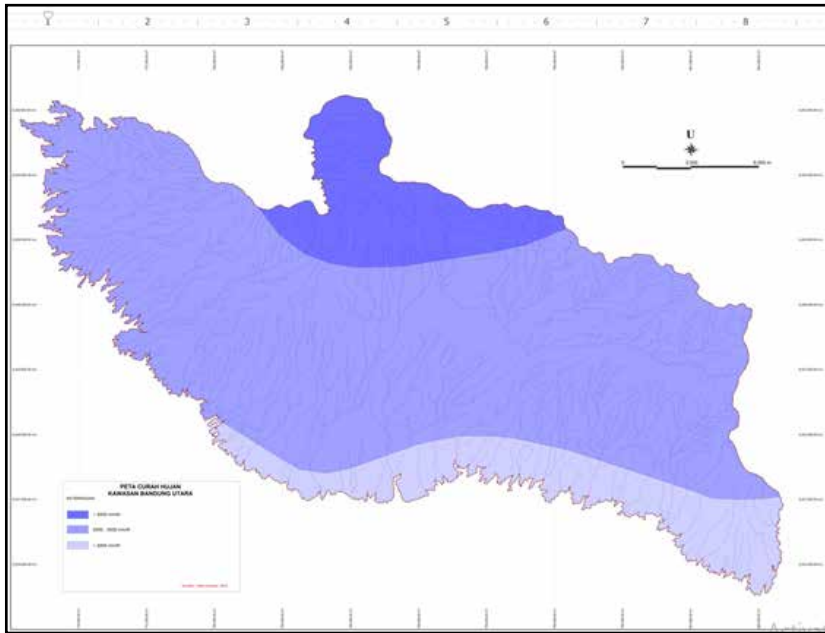
Gambar 5.18. Peta Potensi Kelulusan Tanah/Batuan

- Kemiringan Lereng**, bentang alam suatu daerah merupakan faktor yang mempengaruhi terhadap proses terjadinya air hujan yang meresap. Kemiringan lahan yang datar akan mampu meresapkan air hujan yang lebih tinggi dari pada daerah yang miring. Kondisi kemiringan lereng KCBU berdasarkan klasifikasi SK Menteri Pertanian No. 837/Kpts/Um/11/1980 dan No. 683/Kpts/Um/8/1981 tentang Kriteria dan Tata Cara Penetapan Hutan Lindung dan Hutan Produksi dapat dikelompokkan mulai dari lereng yang hampir datar ($\leq 8\%$) sampai dengan lereng yang sangat curam ($> 40\%$). Untuk itu dapat dibuat peta potensi resapan dengan faktor kemiringan lereng, yaitu potensi resapan tinggi ($< 15\%$), potensi resapan sedang ($15-40\%$) dan potensi resapan rendah ($> 40\%$) seperti terlihat pada Gambar 5.19. Untuk parameter kemiringan lereng ini diberikan bobot nilai 3.



Gambar 5.19. Peta Kemiringan Lereng Wilayah Cekungan Bandung Utara

- Intensitas Curah Hujan**, intensitas hujan merupakan faktor yang sangat mempengaruhi terhadap proses terjadinya resapan pada suatu daerah. Dari station klimatologi yang dijumpai di daerah penyelidikan, yang mempunyai data curah hujan untuk di analisis adalah Stasiun Cemara Kota Bandung, Cikole - Lembang, Cisarua, dan Stasiun klimatologi PTP Nusantara VIII Ciater, dengan periode hujan tahun 1998 – 2008. Dari data yang tersedia dapat dibuat peta Isohyet dan dikelompokkan kedalam 3 (tiga) kelas, yaitu curah hujan rendah kurang dari 2000 mm/tahun, curah hujan sedang antara 2000 – 3000 mm/tahun dan curah hujan tinggi lebih besar dari 3000 mm/tahun (lihat Gambar 5.20).



Gambar 5.20. Peta Isohyet Curah Hujan Rata-Rata Tahun

5.2.3.2. Katagori Zona Resapan Air

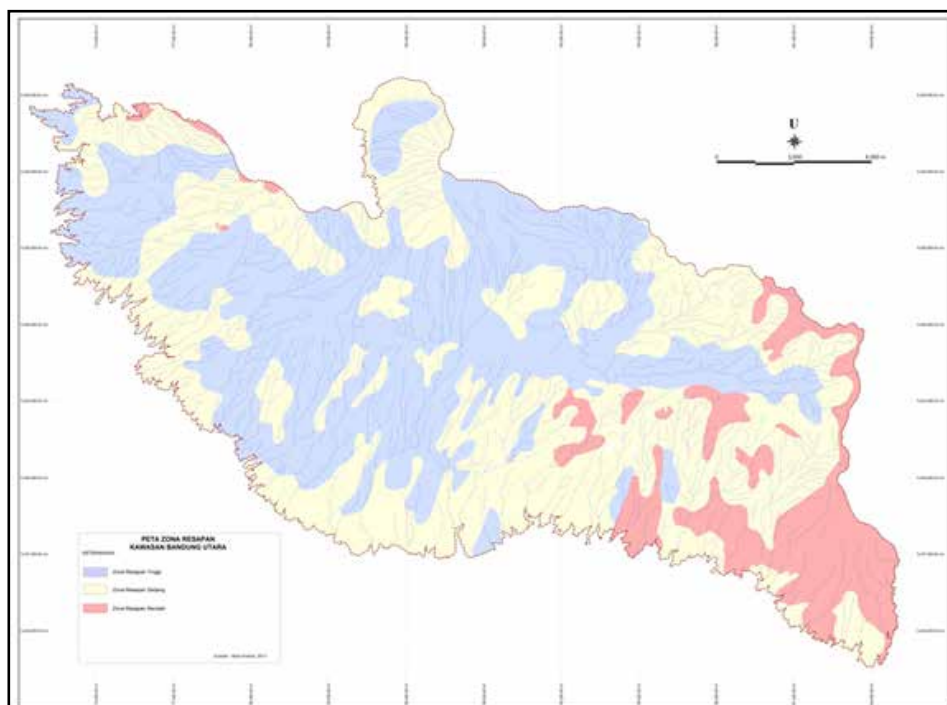
Mengacu kepada kriteria penilaian potensi resapan tersebut di atas total nilai penjumlahan seluruh parameter digunakan sebagai dasar untuk menentukan tingkat potensi resapan, melalui proses tumpang susun berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG), maka zonasi potensi resapan daerah penyelidikan dapat dibagi kedalam 3 (tiga) zonasi. Semakin besar nilainya, potensinya semakin besar dan semakin kecil nilainya mempunyai potensi yang semakin kecil (Gambar 5.21 Peta Potensi Resapan Kawasan Bandung Utara, Provinsi Jawa Barat).

A. Zonasi Potensi Resapan Rendah

Daerah ini disusun oleh batuan produk gunung api Pra Sunda dan Gunung Sunda bersusunan lava andesit basalt, bersifat masif dan kompak, berkekar lempeng dan setempat meniang yang ditutupi oleh tanah lapukan dengan ketebalan kurang dari 2 m dengan kelulusan rendah ($< 10^{-4}$ cm/dt). Kemiringan lereng daerah ini terjal lebih dari 40%, kerapatan kelurusan rendah sampai sedang, dan kerapatan sungai rendah dengan curah hujan rata-rata dalam setahun sedang (2000 – 3000 mm). Berdasarkan nilai pembobotan zona potensi resapan rendah ini dari 39 hingga 58.

B. Zonasi Potensi Resapan Sedang

Potensi resapan sedang menyebar hampir di seluruh Kawasan Bandung Utara, disusun oleh batuan produk gunungapi muda berupa piroklastik jatuhnya dan aliran yang bersifat padat hingga gembur, yaitu tufa dan breksi tuf. Batuan ini



Gambar 5.21. Peta Zonasi Potensi Resapan Air

mempunyai nilai kelulusan sedang, aliran air tanah melalui system ruang antar butir. Faktor densitas drainase (pengaliran sungai), densitas kelurusan dan curah hujan sedang hingga tinggi dengan factor kemiringan antara 15 hingga 40%.

Daerah ini disusun umumnya oleh produk gunungapi Gunung Sunda, yang terdiri dari aliran poroklastik dan aliran lahar, breksi tuf dan tufa pasir berbatuapung (Sutoyo dan Hadisantono, 1988) atau dari Formasi Cikapundung dan Cibeureum (Hartono, 1981). Batuan ini bersifat padu dan keras dengan aliran air melalui rekahan dan antar butir dengan tingkat kelulusan sedang berorde 10^{-3} sampai 10^{-4} cm/dt. Kemiringan lereng beragam dari 5% hingga 30% atau lebih, kerapatan kelurusan umumnya sedang lebih dari 2 hingga 4 km/km² setempat tinggi lebih dari 4 km/km², kerapatan sungai sedang lebih dari 2.5 hingga 3 km/km² setempat tinggi lebih dari 3 km/km² dengan curah hujan rata-rata dalam setahun sedang hingga tinggi (2000-3000) mm hingga lebih. Berdasarkan nilai pembobotan pada zona potensi resapan rendah ini dari 59 hingga 78.

C. Zonasi Potensi Resapan Tinggi

Zona potensi resapan tinggi ini sangat luas hampir mencapai 40% dari luas daerah penyelidikan, umumnya menempati bagian morfologi bagian utara Patahan Lembang, bagian timur dan selatan kaki G. Tangkubanperahu, bagian selatan patahan Lembang, dan bagian selatan kaki G. Burangrang yang secara

administrasi masuk wilayah: desa Cikole, desa Cibodas, Kec. Parompong dan Kec. Cisarua.

Daerah ini disusun umumnya oleh produk gunungapi muda dari Gunung Tangkubanparahu, yang terdiri dari jatuhan piroklastik berupa tufa pasiran (Sutoyo dan Hadisantono, 1988) atau dari Formasi Cikidang (Hartono, 1981). Batuan ini bersifat kurang padu hingga lepas dengan aliran air melalui antar butir dengan tingkat kelulusan tinggi berorde lebih dari 10^{-3} cm/dt. Kemiringan lereng beragam dari 0% hingga 15% atau lebih, kerapatan kelurusan beragam dari rendah hingga tinggi (0 hingga lebih dari 4 km/km²), kerapatan sungai beragam dari rendah hingga tinggi (0 hingga lebih dari 3 km/km²) dengan curah hujan rata-rata dalam setahun beragam dari rendah hingga tinggi (kurang dari 1500 - > 2000 mm). Berdasarkan nilai pembobotan zona potensi resapan rendah ini dari 79 hingga 99.

5.2.4. Arahan Geologi Lingkungan

Di dalam pengembangan wilayah berbagai faktor yang menyangkut lingkungan fisik suatu wilayah perlu terlebih dahulu ditelaah secara seksama, diantaranya peranan geologi lingkungan untuk memberikan arahan penggunaan lahan sebagai masukan. Kawasan Cekungan Bandung Utara merupakan daerah sensitive atau kawasan yang mendapat perhatian khusus sebagai daerah perlindungan di bagian bawahnya terhadap tatanan air tanah.

Dalam memberikan arahan pemanfaatan ruang berdasarkan aspek geologi lingkungan telah terhimpun data hasil analisis zona resapan air dan informasi lingkungan fisik ber aspek geologi lainnya, seperti bahaya letusan gunungapi Gunung Tangkubanparahu, potensi kerentanan gerakan tanah tinggi, dan pengaruh patahan Lembang sebagai patahan aktif, maka arahan geologi lingkungan untuk pembangunan permukiman setiap kecamatan di wilayah Bandung Utara dapat disusun sebagaimana terlihat pada Tabel 5.2 di bawah ini.

Wilayah administrasi terpadat di wilayah Cekungan Bandung Bagian Utara oleh lahan terbangun (permukiman) yang mempunyai luasan lebih dari 50% dari luas wilayah administrasinya adalah Kec. Sukajadi, Kec. Sukasari, Kec. Cicendo, Kec. Cidadap, Kec. Coblong, Kec. Cimahi Tengah dan Kec. Cimahi Utara. Untuk kecamatan yang lahan terbangunnya (permukiman) berkisar dari 25% hingga 50% dari luas wilayah administrasinya adalah Kec. Mandalajati, Kec. Cibeunying Kidul dan Kec. Ujungberung. Untuk kecamatan yang lahan terbangunnya berkisar dari 10% hingga 25% dari luas wilayah administrasinya adalah Kec. Cimenyan, Kec. Lembang, Kec. Cisarua, Kec. Parompong, Kec. Cibiru, Kec. Ngamprah dan Kec. Cileunyi, sedangkan kecamatan yang luas lahan terbangunnya kurang dari 10% dari luas administrasinya adalah Kec. Cikalongwetan dan Kec. Cilengkrang.

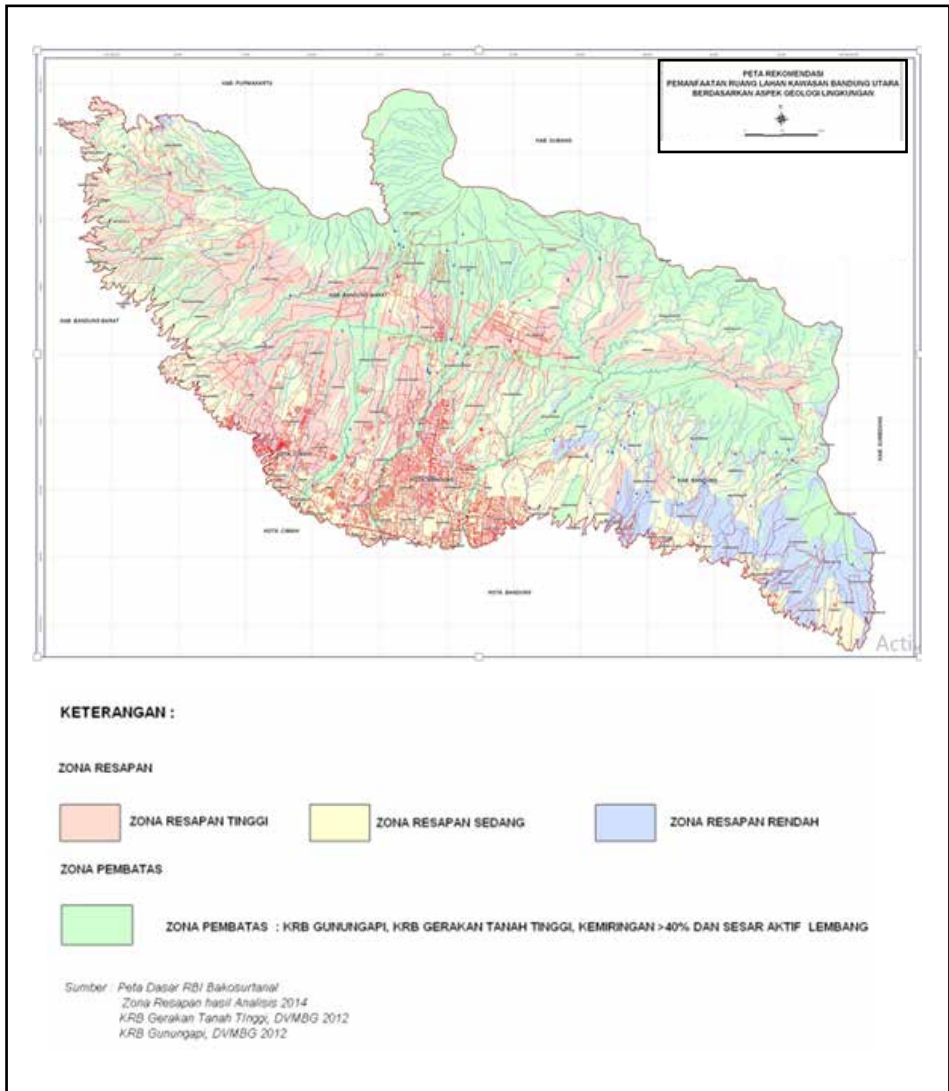
Tabel 5.2. Zonasi Potensi Resapan Tiap Kecamatan di KBU

WILAYAH ADMINISTRASI	KECAMATAN	LUAS (HA)	POTENSI RESAPAN (HA)			PEMBATAS (HA)	TERBANGUN (HA)
			RENDAH	SEDANG	TINGGI		
KOTA BANDUNG	Sukasari	630,76	-	220,93	361,26	48,57	556,67
	Sukajadi	426,76	-	377,95	33,67	15,14	417,35
	Cicendo	75,93	-	71,46	-	4,47	63,70
	Cidadap	826,87	-	392,87	283,56	150,44	470,86
	Cibeunying Kaler	138,24	-	134,48	-	3,76	108,28
	Mandalajati	63,42	10,38	51,85	-	1,19	25,16
	Cibeunying Kidul	56,46	55,84	-	-	0,62	26,53
	Ujungberung	197,47	131,33	61,72	-	4,42	52,43
	Coblong	468,52	-	313,61	99,83	55,08	415,58
	Cibiru	374,40	253,95	97,76	-	22,69	91,26
KOTA CIMAHI	Cimahi Utara	1.318,89	-	594,34	588,44	136,11	795,23
	Cimahi Tengah	195,86	-	135,81	2,23	57,82	172,00
KAB. BANDUNG	Cileunyi	1.145,98	587,36	308,66	-	249,96	257,62
	Cimendan	4.614,23	671,30	1.888,42	212,14	1.842,37	747,66
	Cilengkrang	3.785,73	868,85	789,91	197,73	1.929,24	284,17
	Ngamprah	1.869,56	-	758,98	760,34	350,24	313,04
KAB. BANDUNG BARAT	Cikalong Wetan	3.247,45	39,85	767,87	946,29	1.493,44	299,56
	Lembang	9.590,09	40,22	1.392,63	2.087,38	6.069,80	1.330,11
	Cisarua	5.421,01	4,31	666,02	2.568,42	2.182,26	917,50
	Parompong	4.241,66	-	461,53	1.154,28	2.625,85	863,74
	Padalarang	197,39	-	112,74	8,27	76,38	26,20

Dari data yang tersedia tersebut ditunjang dengan kajian lingkungan fisik lainnya (non geologi), seperti yang terakomodir dalam Peraturan Gubernur Jawa Barat Nomor 58 Tahun 2011, *Tentang Perubahan Atas Peraturan Gubernur Jawa Barat Nomor 21 Tahun 2009 Tentang Petunjuk Pelaksanaan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat Nomor 1 Tahun 2008 Tentang Pengendalian Pemanfaatan Ruang Kawasan Bandung Utara*, maka arahan pemanfaatan ruang lahan Kawasan Resapan Bandung Utara berdasarkan aspek geologi dapat dikemukakan sebagai berikut):

5.2.4.1. Pemanfaatan Ruang Lahan di Zona Potensi Resapan Tinggi

Zona potensi resapan tinggi ini, umumnya menempati morfologi bagian utara Patahan Lembang atau berdasarkan geohidrogeologi berada di wilayah Cekungan Air Tanah Lembang dan bagian barat serta selatan Patahan Lembang. Secara administrasi, umumnya berada di wilayah Kab. Bandung Barat, meliputi Kec. Lembang, Kec. Parompong, Kec. Cisarua, Kec. Cikalongwetan dan Kec. Ngamprah. Potensi resapan tinggi ini ada juga yang masuk ke wilayah Kec. Cimahi Utara dan Kec. Cimencyan. Secara keseluruhan mempunyai luas total 8.543,50 hektar.



Gambar 5.22. Peta Rekomendasi Pemanfaatan Ruang Lahan Berdasarkan Aspek Geologi Lingkungan Kawasan Bandung Utara.

Ditinjau dari kebencanaan beraspek geologi seperti bahaya letusan gunungapi G. Tangkubanparahu, bahwa zonasi potensi resapan tinggi umumnya berada di kawasan tersebut. Untuk dibagian lembah sungai yang berhulu dari G. Tangkubanparahu merupakan jalur banjir lahar jika terjadi letusan gunungapi, sedangkan di bagian gawir sungai yang terjal berpotensi terjadinya gerakan tanah tinggi. Tetapi selain adanya faktor pembatas di beberapa bagian lereng terjadi pemunculan mata air yang potensial sebagai sumber air bersih untuk dikembangkan.

Berdasarkan kajian geologi lingkungan di beberapa lokasi di wilayah zona potensi resapan tinggi, antara lain:

- PT Milkiza tahun 2009 untuk Rencana Proyek *Dairy Farm* yang berlokasi di Kampung Cikole Desa Cikole Kecamatan Lembang seluas 10,6 hektar.
- PT Gracia tahun 2010 untuk Rencana Pembangunan Hotel yang berlokasi di Desa Gudangkahuripan Kecamatan Lembang, seluas 7.013 m²
- PT Permata Alam Semesta 1995 untuk Rencana Pembangunan Perumahan yang berlokasi di Desa Jaya Giri Kecamatan lembang, seluas 25 hektar

Dari hasil analisis neraca air menunjukkan, bahwa Koefesien Wilayah Terbangun (KWT) maksimum 15% terdiri dari 10% untuk lahan yang tertutup bangunan utama dan ditambah 5% untuk pembangunan infrastruktur dan jalan lingkungan, tetapi harus disertai dengan adanya pemulihan neraca air (tatanan air tanah) dengan rekayasa teknik sumur resapan air.

Berdasarkan kajian rinci tersebut di atas, maka pengembangan wilayah hunian atau permukiman masih dapat dilakukan dengan kisaran kerapatan sangat rendah hingga rendah (kavling besar) dengan besaran KWT maksimum 15%, yang disertai dengan adanya rekayasa teknik pemulihan neraca air (tatanan air tanah) seperti sumur resapan atau kolam resapan dan penghijauan di sekitarnya. Banyak dan dimensi sumur resapan atau kolam resapan tergantung kepada luasan atau tipe bangunan yang dibuat, bentangalam dan batuan atau tanah yang menyusunnya sesuai dengan kajian neraca air secara rinci yang dibuat.

Bilamana mengacu kepada Peraturan Gubernur N0 58 Tahun 2011, untuk pengembangan pedesaan lahan dengan kemiringan lereng hingga 30% masih dapat dibangun, tetapi tetap dengan memperhitungkan kestabilan lereng dengan pemotongan lereng maksimum 3 : 1. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 26 Tahun 2006 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional Pasal 61, bahwa kawasan rawan letusan gunung berapi, kawasan gerakan tanah tinggi dan kawasan zona patahan (aktif) merupakan Kawasan Lindung Nasional serta zona konservasi untuk kemiringan lereng >40%, sehingga pengembangan pembangunan pada daerah yang masuk kedalam kriteria kawasan lindung dan kawasan konservasi tersebut perlu dihindari atau diwaspadai.

Sumber mata air yang potensial perlu dilakukan pengembangan, yaitu dengan penurapan secara permanen dan pembuatan embung-embung di bagian lembah untuk menampung sumber air limpasan dan berfungsi sebagai reservoir air bersih.

5.2.4.2. Pemanfaatan Ruang Lahan di Zona Potensi Resapan Sedang

Zona potensi resapan sedang ini cukup luas yang menyebar di semua wilayah administrasi daerah penyelidikan, Kota Bandung, Kota Cimahi, Kab. Bandung dan Kab. Bandung Barat yaitu 21 wilayah kecamatan yang mempunyai luas total 8.840,56 hektar.

Berdasarkan kajian geologi lingkungan di beberapa lokasi di wilayah zona potensi resapan sedang, antara lain:

- PT Dam Utama Sakti tahun 2003 untuk Rencana Pembangunan Permukiman Terpadu Puncut yang berlokasi di Kelurahan Ciumbuleuit Kecamatan Cidadap dan Desa Pageurwangi Kecamatan Lembang seluas 148 hektar.
- PT Intra Cipta Mandiri tahun 2009 untuk Rencana Pembangunan Perumahan, Hotel Resort, Wellness SPA, Ciharalang Hills yang berlokasi di Blok Ciharalang Kecamatan Cimenyan, seluas 30 hektar.
- PT Panghegar Kana Legacy 2011 untuk pengembangan *club house* dan fasilitas pendukung olah raga (panghegar resort, golf & spa) di jalan lapangan golf dago atas no 78 kel. cigadung kec. cibeunying kaler Kota Bandung, seluas 17.2 hektar.

Dari hasil analisis neraca air menunjukkan, bahwa Koefesien Wilayah Terbangun (KWT) berkisar dari 15% sampai 30% (bangunan dari 10% sampai 20% dan infrastruktur dari 5% sampai 10%) atau rata-rata 20%, tetapi harus disertai dengan adanya pemulihan neraca air (tatanan air tanah) dengan rekayasa teknik sumur resapan, kolam resapan atau gabungan keduanya.

Berdasarkan kajian rinci tersebut di atas, maka pengembangan wilayah hunian atau permukiman masih dapat dilakukan dengan kisaran kerapatan rendah hingga sedang dengan besaran KWT antara 15% sampai 30% atau rata-rata 20%, yang disertai dengan adanya rekayasa teknik pemulihan neraca air (tatanan air tanah) seperti sumur resapan, kolam resapan atau gabungan keduanya dan penghijauan di sekitarnya. Banyak dan dimensi sumur resapan atau kolam resapan tergantung kepada luasan atau tipe bangunan yang dibuat, bentangalam dan batuan atau tanah yang menyusunnya sesuai dengan kajian neraca air secara rinci yang dibuat.

Bilamana mengacu kepada Peraturan Gubernur N0 58 Tahun 2011, untuk pengembangan pedesaan lahan dengan kemiringan lereng hingga 30% masih dapat dibangun, tetapi tetap dengan memperhitungkan kestabilan lereng dengan pemotongan lereng maksimum 5 : 1. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 26 Tahun 2006 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional Pasal 61, bahwa kawasan rawan letusan gunung berapi, kawasan gerakan tanah tinggi dan kawasan zona patahan (aktif) merupakan Kawasan Lindung Nasional serta zona konservasi untuk kemiringan lereng >40%, sehingga pengembangan pembangunan pada daerah yang masuk kedalam kriteria kawasan lindung tersebut perlu dihindari atau diwaspadai.

Untuk menghindari terjadinya peningkatan limpasan aliran permukaan (*run off*) dan erosi sistem penanaman dengan cara sengked, perambahan hutan (*deforestation*)

dihindari. Sumber mata air yang potensial perlu dilakukan pengembangan, yaitu dengan penurapan secara permanen dan pembuatan embung-embung di bagian lembah untuk menampung sumber air limpasan dan berfungsi sebagai reservoir air bersih.

5.2.4.3. Pemanfaatan Ruang Lahan di Zona Potensi Resapan Rendah

Sebagaimana telah dikemukakan di atas, bahwa zona potensi resapan rendah umumnya menempati bagian daerah timur lokasi penyelidikan yang secara administrasi masuk ke dalam wilayah Kab. Bandung 3 (tiga) wilayah kecamatan, Kec. Cimenyan, Kec. Cilengkrang dan Kec. Cileunyi yang mempunyai luas total 2.663,39 hektar.

Berdasarkan kajian geologi lingkungan di beberapa lokasi di wilayah zona potensi resapan rendah, antara lain:

- PT Dam Utama Sakti tahun 2003 untuk Rencana Pembangunan Permukiman yang berlokasi di Desa Pageurwangi Kecamatan Lembang seluas 20 hektar.
- Rencana Pembangunan Pembangunan Dago Side Residence (2012) yang berlokasi di Blok Ciharalang Kecamatan Cimenyan, seluas 11.386 m².

Dari hasil analisis neraca air menunjukkan, bahwa Koefisien Wilayah Terbangun (KWT) mencapai lebih dari 30% (bangunan 20% dan infrastruktur 10%), tetapi harus disertai dengan adanya pemulihan neraca air (tatanan air tanah) dengan rekayasa teknik sumur resapan, kolam resapan atau gabungan keduanya.

Pengembangan wilayah hunian atau permukiman di zonasi ini dapat dilakukan dengan kerapatan sedang dengan besaran KWT lebih besar dari 30%, yang disertai dengan adanya rekayasa teknik pemulihan neraca air (tatanan air tanah) seperti sumur resapan, kolam resapan atau gabungan keduanya dan penghijauan di sekitarnya. Banyak dan dimensi sumur resapan atau kolam resapan tergantung kepada luasan atau tipe bangunan yang dibuat, bentangalam dan batuan atau tanah yang menyusunnya sesuai dengan kajian neraca air secara rinci yang dibuat.

Bilamana mengacu kepada Peraturan Gubernur N0 58 Tahun 2011, untuk pengembangan pedesaan lahan dengan kemiringan lereng hingga 30% masih dapat dibangun. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 26 Tahun 2006 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional Pasal 61, bahwa kawasan rawan letusan gunung berapi, kawasan gerakan tanah tinggi dan kawasan zona patahan (aktif) merupakan Kawasan Lindung Nasional serta zona konservasi untuk kemiringan lereng >40%, sehingga pengembangan pembangunan perlu dihindari atau diwaspadai.

Sumber mata air yang potensial perlu dilakukan pengembangan, yaitu dengan penurapan secara permanen dan pembuatan embung-embung di bagian lembah untuk menampung sumber air limpasan dan berfungsi sebagai reservoir air bersih.

5.3. PENUTUP

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menjalankan pembangunan yang berkelanjutan, diantaranya adalah:

- Pengelolaan Kawasan Bandung Utara sangat terkait erat dengan pengelolaan kawasan lainnya (di Cekungan Bandung) sehingga diperlukan koordinasi yang intensif dan efisien antar instansi yang terlibat di tiga wilayah administrasi ini.
- Pembatasan perkembangan wilayah terbangun (permukiman) perlu dilakukan, dari kajian lingkungan fisik beraspek geologi menunjukkan bahwa Koefisien Wilayah Terbangun (KWT) untuk zonasi potensi resapan tinggi maksimum 15% dari luas lahan, zonasi potensi resapan sedang antara 15% sampai 30% dan zonasi potensi resapan rendah bisa lebih dari 30%. Pembatasan KWT ini harus disertai pula dengan rekayasa teknik pemulihan neraca air (tatanan air tanah), yaitu dengan pembuatan sumur resapan, kolam resapan, atau gabungan keduanya dan disertai dengan penghijauan lingkungan di sekitarnya.
- Perkembangan pembangunan tidak terlepas dengan potensi kebencanaan yang ada, seperti bahaya letusan gunungapi G. Tangkubanparahu, potensi kerentanan gerakan tanah tinggi dan pengaruh bidang patahan (aktif) Lembang bila terjadi gempa bumi, untuk itu perlu diwaspadai atau dihindari.
- Perkembangan wilayah terbangun (permukiman) harus mengikuti peraturan-peraturan pemerintah yang telah ditetapkan, hingga kemiringan lereng 40%.

BAB 6

ARAHAN GEOLOGI LINGKUNGAN UPAYA MEMBERI KENYAMANAN WARGA CEKUNGAN BANDUNG

Kontributor:

M. Wachyudi Memed, Asdani Soehaimi,
Wahyudiono R. Muhamad, Dita Arief Yuwana, Kurniah



Pada kenyataannya, Kota Bandung telah berkembang sedemikian rupa dimana banyak permukiman justru telah berkembang dengan menempati berbagai zona bahaya, diantaranya bahaya gempabumi. Dengan potensi gempabumi yang dirasa semakin besar akibat pertumbuhan kota yang semakin padat terutama di zona-zona yang memiliki kerentanan tinggi. Sehingga bila terjadi gempabumi dikhawatirkan dapat memporak porandakan berbagai bangunan dan mengakibatkan korban jiwa dan harta benda serta dampak psikologis. Dalam upaya memberi kenyamanan dan keamanan warga Kota Bandung, Badan Beologi telah melakukan berbagai penyediaan informasi yang berkaitan dengan kebencanaan beraspek geologi, di antaranya adalah menyediakan peta mikrozonasi yang dibutuhkan dalam analisis geologi lingkungan. Mikrozonasi adalah salah satu teknik untuk membagi suatu zona yang besar menjadi zona-zona kecil dengan kriteria masing-masing zona akan berbeda tergantung tujuan zonasi itu sendiri. Data yang dibutuhkan dalam kajian mikrozonasi adalah data seismotektonik dan potrek kondisi batuan dan tanah di permukaan. Hasil kajian akan memperlihatkan daerah mana yang dianggap aman dan tidak aman untuk berbagai pembangunan.

6.1. SEBARAN BATUAN CEKUNGAN BANDUNG

6.1.1. Lingkungan Pengendapan Cekungan Bandung.

Cekungan Bandung yang lebih dikenal sebagai “Depresi Bandung” (lihat Gambar 6.1), terjadi karena proses tektonik pada zaman tersier (van Bemmelen, 1949). Cekungan ini terjadi bersamaan dengan Cekungan Batujajar yang letaknya berdampingan, dipisahkan oleh pegunungan yang memanjang dari selatan ke utara (Soreang ke Cimahi) sehingga di bagian barat Cekungan Bandung tersingkap batuan gunungapi Tersier dan non gunungapi berupa batuan sedimen khususnya batugamping.



Gambar 6.1. Dalam geologi tektonik, Cekungan Bandung di kenal pula dengan istilah “Depresi Bandung”, yang terjadi karena hasil proses tektonik pada zaman Tersier.

Menurut Sudjatmiko (1972), batuan gunungapi berumur Tersier dan batugamping yang termasuk ke dalam Formasi Rajamandala merupakan batuan dasar yang dijumpai pada bagian barat Cekungan Bandung. Sedangkan sebagai batuan dasar dari Cekungan Bandung pada bagian tengah menurut Koesoemadinata (1981) adalah Formasi Cikapundung yang terdiri atas konglomerat dan breksi kompak, tuf, dan lava andesit berumur Plistosen Awal. Formasi ini adalah ekuivalen dengan Qvu dalam peta lembar Bandung (Silitonga, 1973).

Menurut Koesoemadinata dan Hartono (1981), Lapisan batuan di atas Formasi Cikapundung adalah Formasi Cibereum dan Formasi Kosambi. Formasi Cibereum berbentuk kipas yang bersumber dari Gunung Tangkubanparahu. Formasi ini terutama terdiri atas perulangan breksi dan tuf dengan tingkat konsolidasi rendah serta beberapa sisipan lava basal, dengan umur Plistosen Akhir-Holosen. Breksi dalam formasi ini adalah breksi vulkanik yang disusun oleh

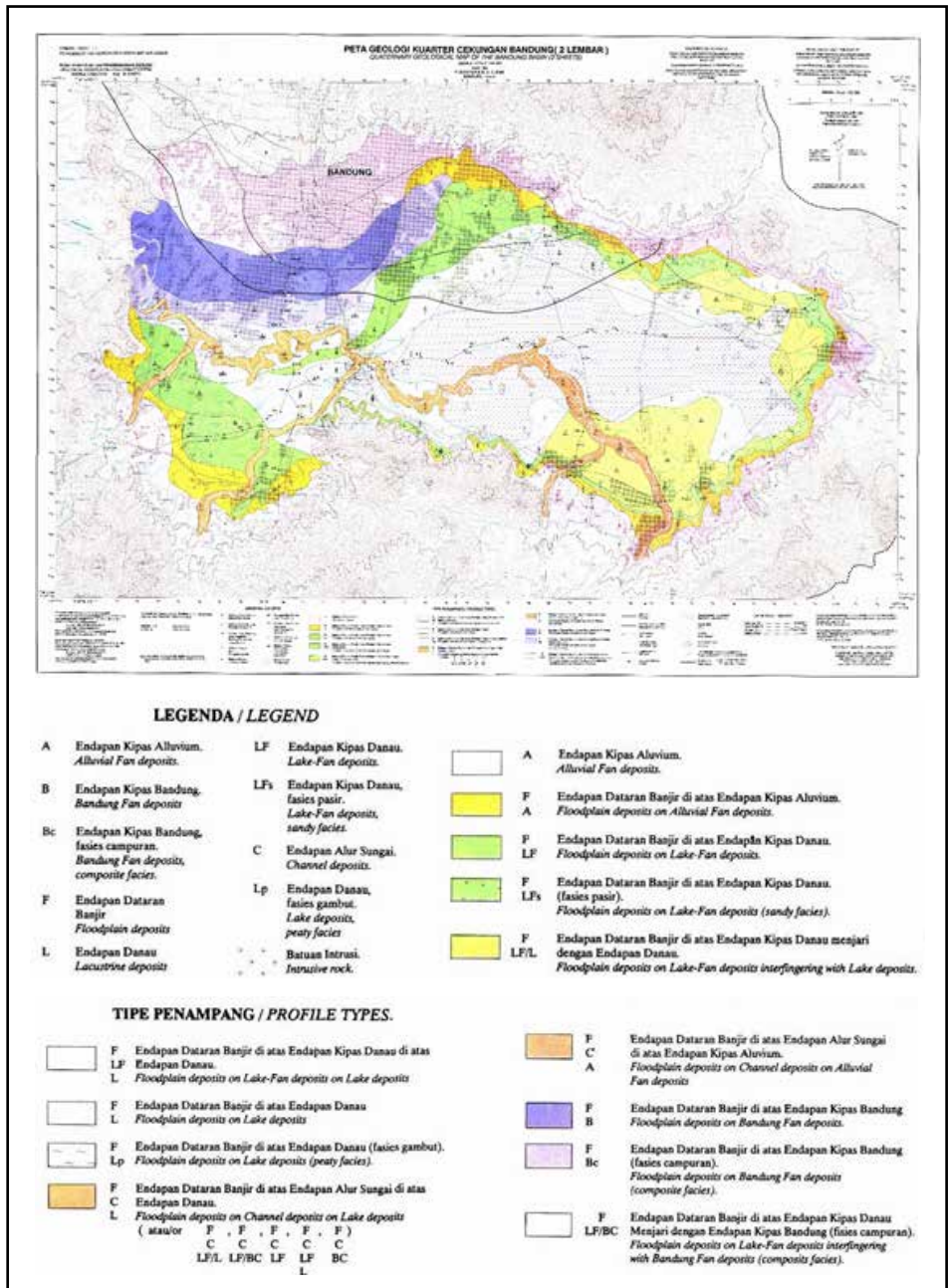
fragmen-fragmen skoria batuan beku andesit basal dan batuapung. Formasi Kosambi diusulkan oleh Koesoemadinata dan Hartono (1981) untuk menggantikan nama Endapan Danau yang digunakan oleh Silitonga (1973). Sebaran formasi ini di permukaan adalah di bagian tengah. Litologinya terutama terdiri atas batulempung, batulanau, dan batupasir yang belum kompak dengan umur Holosen. Formasi ini mempunyai hubungan menjemari dengan Formasi Cibeureum bagian atas.

Berdasarkan hasil penelitian para ahli geologi, maka urutan batuan di Cekungan Bandung dapat diketahui melalui skema stratigrafi yang telah diperkenalkan sebelumnya oleh beberapa peneliti dengan klasifikasi atau penamaannya berdasarkan lokasi penelitiannya masing-masing. Kemudian Koesoemadinata dan Hartono (1981) mengklasifikasikan stratigrafi di pedataran Cekungan Bandung berdasarkan litologi dan penafsiran sedimentasi serta menyesuaikan dengan Sandi Stratigrafi Indonesia. Penamaan ini kemudian diusulkan sebagai satuan stratigrafi resmi (Tabel 6.1).

Tabel 6.1. Stratigrafi wilayah Bandung dan sekitarnya

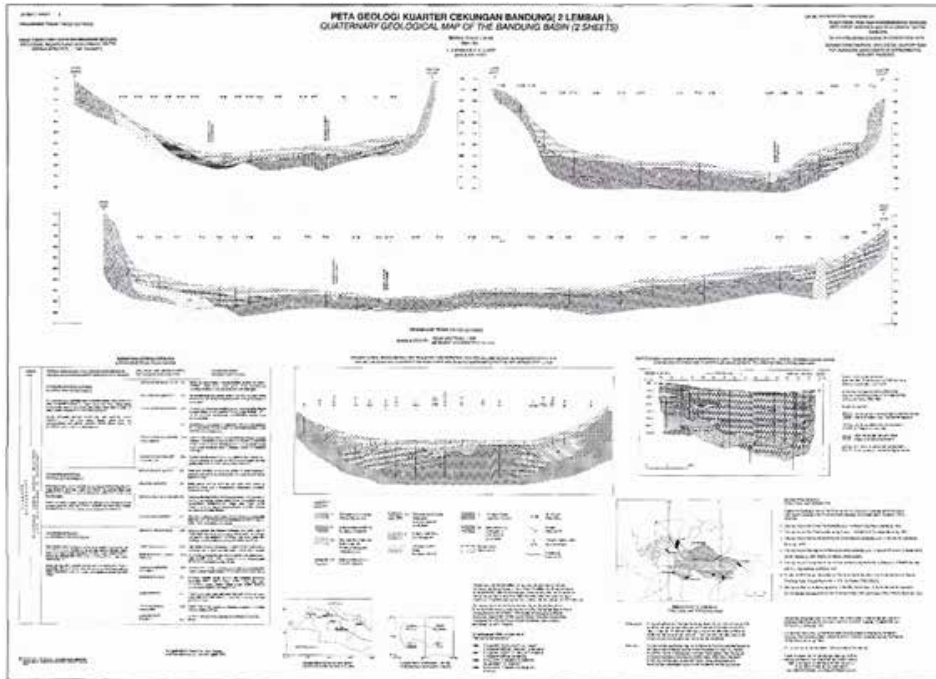
Umur	Satuan Stratigrafi	Tebal (m)	Keterangan
Holosen	Endapan sungai	± 5	Bahan lepas tidak terkonsolidasi, berukuran lempung sampai bongkah.
	Bidang erosi		
	Formasi Cikidang	0-65	Lava basalt berstruktur kekar kolom, konglomerat gunungapi, tuf kasar berlapis sejajar dan breksi gunungapi yang umumnya berwarna coklat tua.
Pleistosen Atas	Formasi Kosambi	0-80	Batulempung gunungapi, batulanau gunungapi, mengandung sisa tumbuhan, setempat dijumpai struktur perlapisan dan silang-siur.
	Formasi Cibeureum	0-180	Perulangan urut-urutan breksi-tuf, fragmen skoria andesit-basalt dan batuapung.
Pleistosen Bawah	Bidang erosi		
	Formasi Cikapundung	± 0-350	Konglomerat dan breksi gunungapi, tuf, dan sisipan lava andesit. Umumnya berwarna lebih terang dari formasi lainnya, fragmen piroksen andesit.

Penelitian tentang lapisan batuan cekungan Bandung terus berlanjut, diantaranya dilakukan oleh Dam (1994), yang berpendapat bahwa pengendapan di dalam Cekungan Bandung sendiri dimulai sekitar 126.000 tahun lalu berupa batuan klastika gunungapi dan sedimen danau. Analisis umur absolut paleosol di bawahnya yang diperkirakan sebagai batuan dasar Cekungan Bandung memberikan umur rata-rata 135.000 tahun yang lalu. Di antara paleosol dan batuan sedimen terbawah Cekungan Bandung terdapat banyak lapisan tefra atau abu gunungapi. Hal itu mengindikasikan adanya kegiatan vulkanisme yang mengawali pembentukan Danau Bandung.



Gambar 6.2. Peta Geologi Kuarter Cekungan Bandung, (Sumber Dam, 1992)

Selanjutnya peneliti tersebut menyatakan bahwa Danau Bandung terbentuk hingga empat tahap. Danau Bandung tahap empat terbentuk sekitar 20.000 tahun yang lalu, namun sisa-sisa cekungan masih ada hingga 16.000 tahun yang lalu. Pada saat ini daerah itu merupakan bagian terendah Cekungan Bandung dan sering



Gambar 6.3. Peta Penampang Geologi Kuartar Cekungan Bandung (Dam,1992)

terlanda banjir pada musim penghujan. Konon, raibnya danau itu disebabkan kebocoran. Namun, ada yang berargumen diakibatkan oleh pendangkalan karena adanya material yang terbawa ke danau dan mengendap dan endapan danau purba itu pula yang menyebabkan kawasan Cekungan Bandung bertanah lunak.

Sementara, Dam (1994) membagi lingkungan pengendapan di wilayah Cekungan Bandung menjadi tiga bagian dan unit/sub unit setiap lingkungan pengendapan seperti diperlihatkan pada peta geologi kuartar(Gambar 6.2), yakni:

- **Lingkungan Kipas Aluvium**, Pembentukan secara aktif kipas alluvium ber relief rendah, proses sedimentasi yang dipengaruhi kegiatan gunungapi, daerah tepi danau, aliran debris secara teratur, sheet floods (lahar) yang sangat pekat, kegiatan yang luas sungai sistem teranyam, dan daerah peralihan kipas danau.
- **Lingkungan Fluvial**, Bekas dasar danau, berlereng landai sampai dataran alluvium yang rata. Alur sungai berkelok, point bar, tangkis alam (levee), dan crevasse, lingkungan overbank dan backswamp, serta sewaktu-waktu banjir (musim hujan) yang luas dan singkat.
- **Lingkungan Danau**, berkedalaman sedang sampai daerah air dangkal yang tersebar luas serta daerah berawa. Kondisi air danau yang stagnasi (mandek) dibagian tengah tanpa atau sedikit pemasokan (*influxes*) dengan bahan klastika;

di daerah tepi cekungan sedimen klastik atau daerah pinggiran danau berawa yang luas yang kini kondisi tanah lembeknya masih bisa dirasakan seperti di wilayah Gedebage, Sapan, Rancaekek, dll.

Kemudian Dam (1994) menunjukkan bahwa lapisan batuan dasar berupa breksi-konglomerat ditemukan mulai dari kedalaman 90 meter di daerah sekitar Sukamanah, Kecamatan Rancaekek, (lihat Gambar 6.3 di atas). Sedangkan, Tohari drr., (2015) memperlihatkan keberadaan lapisan batuan dasar berupa breksi vulkanik, yang kemungkinan bagian dari Formasi Cibeureum. Informasi tersebut diperoleh melalui pemboran teknik di daerah Rancakesumba, Kecamatan Solokan Jeruk pada kedalaman 70 meter. Dengan demikian, wilayah Cekungan Bandung memiliki variasi kedalaman lapisan batuan dasar meliputi batuan vulkanik Tersier dan Vulkanik.

Di atas batuan dasar tersebut secara tidak selaras terdapat endapan danau yang terdiri atas lempung, lanau, pasir halus hingga kasar, kerikil dan kerakal yang di endapkan secara gradual pada lingkungan pengendapan yang berbeda, seperti: dataran banjir, alur sungai, danau, rawa, kipas danau, paleosol dan kipas aluvium. Secara fisik endapan ini merupakan sedimen lepas terdiri atas lempung hingga kerakal yang sangat rentan terhadap kegiatan manusia. Dilain pihak secara sosial budaya, endapan kuarter ini sangat dinikmati sebagai tempat pemukiman dan kegiatan manusia lainnya membentuk sebuah kota skala metropolitan.

6.1.2. Penampang Stratigrafi dan Sebaran Fasies Pengendapan

Pembentukan endapan Kuarter tidak terlepas dari perubahan iklim masa lampau dan ini tercerminkan dari terbentuknya berbagai lingkungan pengendapan seperti sudah dijelaskan sebelumnya. Oleh karena itu penyusunan penampang stratigrafi dan sebaran Fasies Pengendapan di Cekungan Bandung menjadi penting untuk merekonstruksi stratigrafi geologi Kuarter bawah permukaan serta informasi geologi lainnya. Dengan diketahui urutan satuan lingkungan pengendapan dapat ditafsirkan proses sedimentasi serta proses-proses dinamika geologi yang mempengaruhinya dapat menjadi acuan dalam pengembangan wilayah serta terkait fenomena besaran penurunan muka tanah di Cekungan Bandung.

Berdasarkan hasil pemetaan dan penelitian geologi Kuarter Cekungan Bandung Rien Dam & Suparan, 1992 serta Herman Muchtar, drr., 2000, diperoleh gambaran bahwa danau Bandung terbentuk pada masa Kuarter. Lingkungan pengendapan cekungan Bandung daerah kajian menurut diatas termasuk siklus pengendapan, yakni: 1) siklus pengendapan, 38.000-18.000 tahun yang lalu; dan 2) siklus pengendapan, 18.000 tahun yang lalu hingga sekarang

Selain peta geologi yang di buat, juga dibuat penampang stratigrafi untuk mengetahui pembentukan cekungan Kuarter daerah kajian. Disajikan dalam penampang skala 1 : 50.000. Penampang stratigrafi bawah permukaan ini dapat

mengetahui sejarah proses terbentuknya cekungan dan sebaran endapan serta fasies lingkungan pengendapannya. Dari penampang stratigrafi ini dapat terlihat seperti periode pengendapan dari berbagai lingkungan pengendapan, seperti ketebalan, perulangan dan sebaran secara tegak dan datar.

Dari data hasil sejumlah pemboran tersebut di buat korelasi antar pemboran membentuk penampang bawah permukaan. Korelasi penampang pemboran tersebut berarah utara selatan (Penampang A – B) dan barat timur (Penampang C – D). Korelasi fasies pengendapan ini sangat penting untuk mengetahui pengisian endapan cekungan Kuartar yang terbentuk. Adapun korelasi penampang tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.4, sebagai berikut:

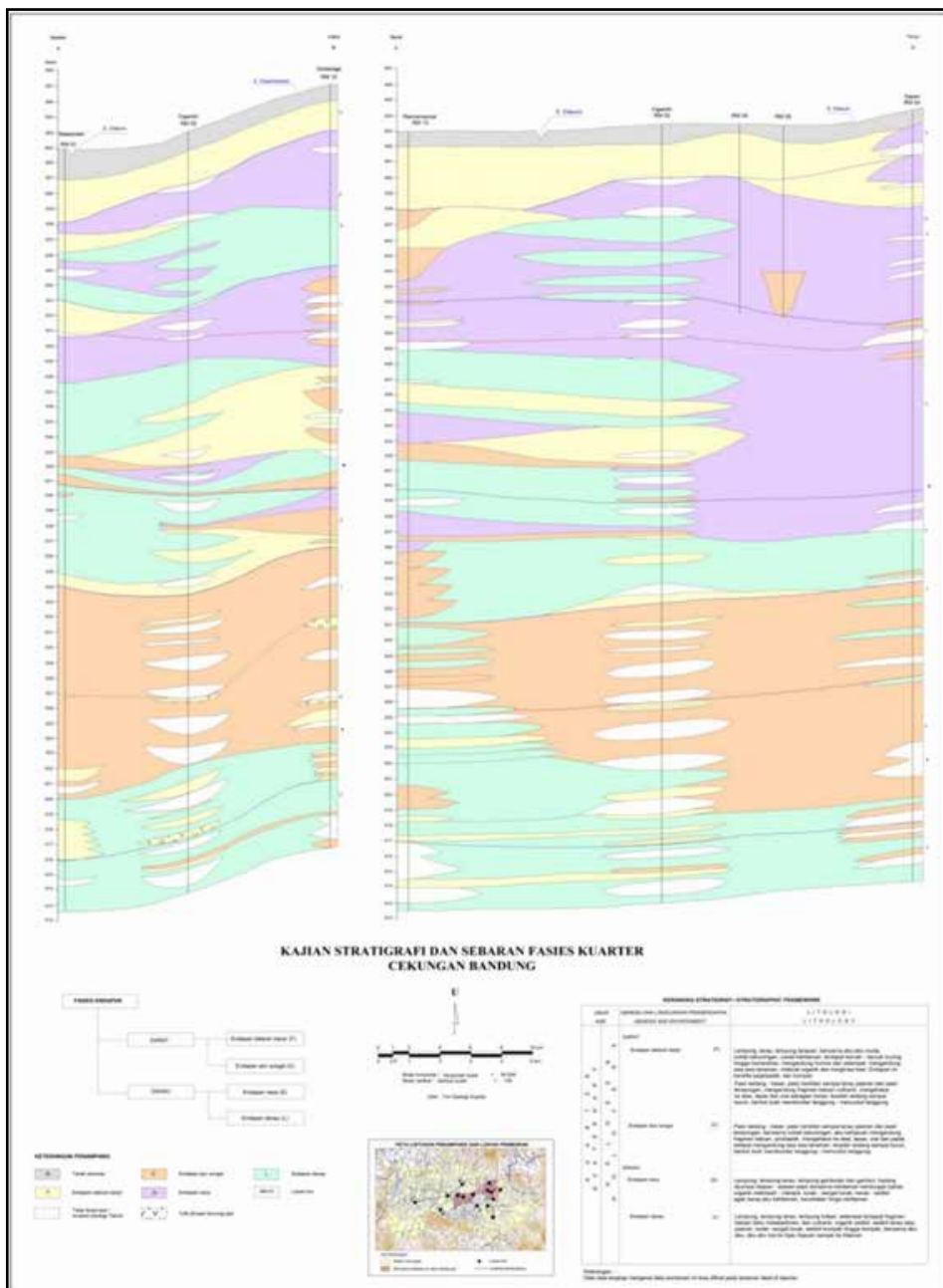
Penampang Stratigrafi A – B

Penampang A-B pada Gambar 6.4 dibuat berarah utara-selatan dimaksudkan untuk mengetahui bentuk cekungan antara tinggian bagian utara dan tinggian bagian selatan walaupun tidak mencapai tinggian. Pada penampang A – B terbagi dalam tiga periode, periode pertama diperkirakan umur pengendapan ± 38.000 BP.

Berdasarkan dari data penampang bawah permukaan endapan danau (L) terendapkan di daerah Baleendah pada kedalaman 42,30- 50,00 m, daerah Ciganitri pada kedalaman 41,65m – 50,00 m dan daerah Gedebage pada kedalaman 43,40 m, ketebalan endapan danau (L) di masing masing lokasi hampir sama, kemudian terjadi perubahan iklim yang mengakibatkan permukaan air menjadi dangkal kemudian terendapkan endapan dataran banjir (F) dan endapan alur sungai (C) yang merupakan perselingan dengan endapan danau (L). Pada periode ini diperkirakan terjadi erosi atau longsor dengan terendapkan berupa endapan alur sungai (C) yang cukup tebal. Pada endapan alur sungai (C) setempat terdapat sisipan endapan dataran banjir (F) ketebalan $\pm 1,00$ m, secara keseluruhan endapan alur sungai ini (C) menutupi endapan danau (L) yang berada di bawahnya.

Selanjutnya pada periode pengendapan ke dua yaitu ± 38.000 BP hingga ± 18.000 BP diperkirakan erosi atau longsor masih berlanjut dengan terdapatnya endapan alur sungai (C) yang masih menerus sampai kedalaman 30,00 m, endapan alur sungai ini kemudian ditutup oleh endapan dataran banjir (F) dengan ketebalan 1,00 m. Kemudian perubahan iklim terjadi kembali hingga permukaan air naik dan terendapkan endapan danau (L) di daerah Baleendah yang cukup tebal, tetapi di daerah Ciganitri dan Gedebage endapan danau menipis tidak berkembang, dan endapan ini dipengaruhi oleh sisipan endapan dataran banjir (F), endapan alur sungai (C) dan endapan rawa (S) dengan ketebalan dan kedalaman endapan yang berbeda beda. Endapan danau ini (L) di tutupi oleh endapan alur sungai (C) secara merata pada kedalaman antara 21,00-26,90 m dengan ketebalan 0,50-1,00 m.

Selanjutnya endapan danau terendapkan kembali tersebar secara merata namun tipis ini menandakan perubahan tidak berlangsung lama dan kembali endapan ini tertutupi oleh endapan – endapan lain. Selanjutnya pada kedalaman $\pm 18,90$ -15,00 m endapan danau terendapkan kembali di daerah Baleendah ini menandakan



Gambar 6.4. Penampang A – B dan C - D (Sumber: Rohman, drr., (2019).

permukaan air naik kembali akan tetapi endapan ini menipis kembali ke daerah Ciganitri dan Gedebage, endapan danau di kedua lokasi ini kembali terpengaruh dan disisipi oleh endapan dataran banjir (F) serta endapan alur sungai (C) dikedalam antara 21,90-17,95 m, dengan ketebalan berbeda beda dan masing masing endapan ini tertutupi oleh endapan rawa (S).

Selanjutnya pada periode ke tiga yaitu C \pm 18,000 Bp sampai sekarang, endapan rawa (S) berkembang dan tersebar hampir merata mulai dari Baleendah, Ciganitri terkecuali Gedebage terdapat sisipan endapan alur sungai (C), endapan rawa (S) dengan ketebalan \pm 3,00 m yang terdapat di Baleendah kemudian ditutupi oleh endapan dataran banjir (F). Selanjutnya endapan danau kembali menutupi ke tiga wilayah ini dengan ketebalan \pm 3,00 m, di daerah baleendah dan Ciganitri endapan danau (L) disisipi oleh endapan rawa (S) dengan ketebalan \pm 1,00 m, kemudian tertutupi kembali oleh endapan dataran banjir (F) dan kembali ditutupi oleh endapan rawa (S) secara keseluruhan. Selanjutnya endapan rawa (S) kembali ditutupi lagi oleh endapan dataran banjir (F) dan tanah penutup (Soil/Sl) hingga sekarang.

Penampang Stratigrafi C - D

Penampang C-D seperti diperlihatkan pada Gambar 6.4 dibuat berarah Barat-Timur yaitu untuk mengetahui bentuk ketebalan sebaran pada cekungan antara bagian Barat dan Bagian Timur. Pada penampang ke dua yaitu penampang C - D sama dengan penampang A - B terdapat tiga siklus pengendapan/periode. Penampang C - D di lihat dari arah Barat-Timur, pengendapan diawali pada periode A \pm 38.000 BP endapan yang terbentuk endapan danau (L). Endapan danau (L) yang berada di Rancamanyar, Ciganitri dan Sapan menyebar hampir merata pada kedalaman lebih dari 44,00-50,00 m, pada endapan ini terdapat sisipan-sisipan endapan dataran banjir (F) dan endapan alur sungai (C). Endapan danau (L) menerus dari kedalaman 44,00 m hingga kedalaman \pm 37,00 m di daerah Rancamanyar, tetapi di daerah Ciganitri dan Sapan endapan danau (L) menipis diperkirakan pada periode ini terjadi erosi/longsoran yang terendapkan sebagai endapan alur sungai (C) yang cukup tebal dan menutupi endapan danau (L) yang berada dibawahnya, selanjutnya endapan alur sungai (C) ini menutupi ketiga daerah dimaksud tersebut di atas.

Selanjutnya pada periode B 38,000 BP hingga 18,000 BP, endapan alur sungai masih menerus hingga kedalaman 33,00 m di daerah Rancamanyar. Endapan alur sungai di daerah Rancamanyar dan Sapan di selinggi endapan danau (L) ini menunjukkan adanya perubahan iklim meskipun hannya sebentar karena dari ketebalan endapan danau ini mencapai \pm 0,50-1,50 m. Endapan alur sungai (C) ini kemudian ditutupi oleh endapan danau (L) dengan ketebalan \pm 4,00 m, endapan danau di daerah Rancamanyar berseling dengan endapan alur sungai (C) sementara di Ciganitri terdapat sisipan endapan dataran banjir (F) yang kemudian secara keseluruhan endapan danau (L) ini ditutupi oleh endapan rawa (S). Pada kedalaman \pm 24,33 m endapan danau kembali terendapkan di daerah Rancamanyar sementara di daerah Ciganitri selang seling endapan rawa (S) dengan endapan danau (L) dan Sapan di endapkan endapan rawa (S). Endapan

danau (L) di Rancamanyar kedalaman hingga $\pm 21,00$ m ditutupi oleh endapan alur sungai (C) sementara di Ciganitri ditutupi oleh endapan dataran banjir (F) ini menandakan perubahan iklim terjadi sehingga terjadi pendangkalan yang menyebabkan perulangan fasies pengendapan. Endapan danau (L) ini masih berlanjut di Rancamanyar dan Ciganitri hingga kedalaman $\pm 14,00$ m, endapan ini berselang dengan endapan rawa (S) dan endapan dataran banjir (F) terkecuali di daerah Sapan, endapan didaerah Sapan berkembang endapan rawa (S) yang cukup tebal, yang kemudian endapan rawa ini menutupi semua endapan yang ada dibawahnya.

Selanjutnya pada Periode ketiga endapan rawa masih berkembang di daerah Rancamanyar, Ciganitri dan Sapan. Endapan rawa (S) di daerah Ciganitri terpengaruh oleh endapan dataran banjir (F) dan endapan alur sungai (C), sementara endapan rawa (S) di Ciganitri terpengaruh oleh endapan danau (L), dengan adanya perselingan endapan danau (L) dengan endapan rawa (S) ini menandakan permukaan air naik turun yang disebabkan oleh perubahan iklim, sementara daerah Sapan endapan rawa ini ditutupi oleh endapan dataran banjir (F) pada kedalaman 5,00 m. Secara keseluruhan endapan rawa (S) yang menutupi daerah Rancamanyar, Ciganitri dan Sapan ini ditutupi oleh endapan dataran banjir (F) terkecuali di Sapan terdapat perselingan endapan rawa (S), dan sebagai penutup dari endapan dataran banjir (F) yaitu berupa tanah urugan (Sl).

6.2. SEISMOTEKTONIK CEKUNGAN BANDUNG

Peta seismotektonik adalah suatu peta yang menggambarkan hubungan struktur geologi/tektonik dengan kegempaan di suatu daerah yang juga memperlihatkan pengaruh-pengaruh bencana gempa bumi seperti pergeseran tanah (*ground faulting*), guncangan tanah (*ground shaking*) beserta bencana ikutannya seperti gerakan tanah (*land slides*) dan pelulukan (*liquefaction*), serta bencana tsunami, yang mencerminkan tingkat kerusakan.

Banyak atau sedikitnya titik Persebaran titik gempabumi dalam skala waktu tertentu yang terplotkan dalam peta seismotektonik dapat menunjukkan tingkat kerawanan wilayah tersebut terhadap gempabumi maupun tsunami. Pada umumnya, frekuensi kemunculan gempabumi pada satu rentang waktu tertentu akan terpusat pada sekitar zona trench subduksi, gunungapi, serta daerah sesar tertentu. Secara logis, dalam sebuah sistem subduksi, persebaran gempabumi seharusnya merata di sepanjang jalur trench-nya. Akan tetapi, dalam kenyataannya terdapat suatu keadaan pada peta seismotektonik, dimana pada suatu jalur subduksi, terdapat beberapa zona tertentu yang seharusnya memiliki kemenerusan jejak gempabumi dengan daerah di kiri dan kanannya, namun ternyata hanya sedikit sekali gempa yang terplot di daerah tersebut. Zona tersebut dinamakan zona seismic gap.

Seismic Gap (SG) pertama kali diperkenalkan oleh Fedotov pada tahun 1965 dan Mogi pada tahun 1969 ketika mereka memetakan kejadian-kejadian gempa

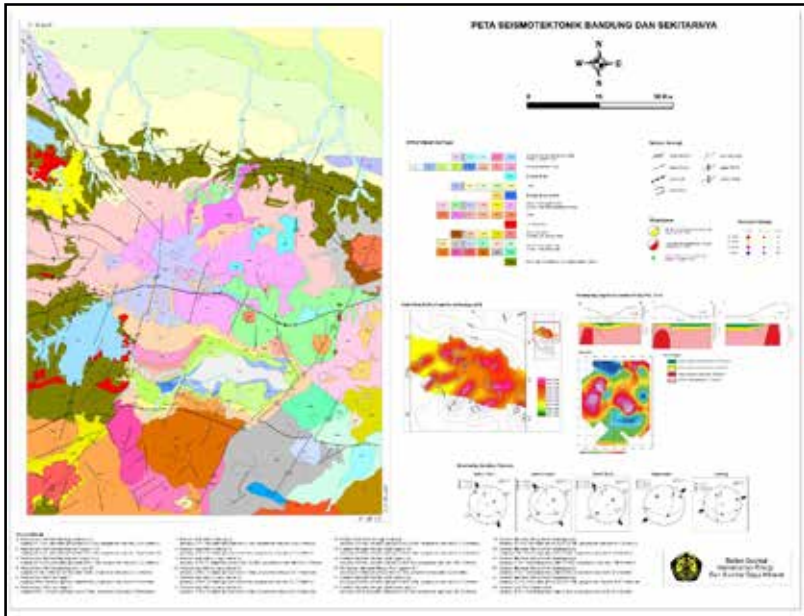
di zona subduksi Alaska-Aleutian (Nishenko dan Sykes, 1993). Seismic Gap (SG) adalah istilah yang digunakan untuk kawasan aktif secara tektonik namun jarang terjadi gempa dalam jangka waktu yang lama (Rusydi, 2005). Di bagian selatan pulau Sumatra dan Jawa, terdapat zona subduksi antara lempeng Indo-australia dgn Eurasia. Di sepanjang zona ini adalah zona aktif secara tektonik dan harusnya sering terjadi gempa sepanjang tahunnya, namun apabila ada kawasan-kawasan yang tidak pernah terjadi gempa selama kurun waktu yang lama maka daerah ini harus kita waspadai. Untuk mengetahui kawasan-kawasan mana yang jarang terjadi gempa bumi sehingga terbentuk Seismic Gap (SG), hal yang pertama sekali yang harus kita lakukan adalah memetakan titik episentrum gempa dari 30-100 tahun yang lalu. Dari hasil pemetaan ini akan bisa dilihat kawasan mana yang jarang terjadi gempa sehingga apabila kita amati, akan kita temukan kenampakan seperti “gap” gempa di sana.

Selain potensi gempabumi, zona subduksi erat kaitannya pula dengan keberadaan getaran tremor. Getaran tremor berupa getaran yang terus menerus, tidak dijumpai dimana awal dari getarannya secara jelas. Tremor akibat tektonik yang sering disebut juga aseismics (tidak menyebabkan gelombang seismic/gempa) sering diikuti oleh pergeseran patahan secara lambat, slow slip. Adapun zona aseismics merupakan zona yang mengalami akumulasi stress secara terus menerus oleh gaya tektonik di sekitarnya, akan tetapi pelepasannya tidak dalam bentuk gempabumi. Hal tersebut dapat disebabkan karena litologi lokal yang sifat elastisitasnya tinggi. Manifestasi dari zona aseismics pada umumnya adalah terbentuknya lipatan, maupun terdorongnya magma ke permukaan bumi yang tentunya berhubungan dengan aktivitas vulkanisme.

Seismotektonik Cekungan Bandung (Gambar 6.5) secara genetis memperlihatkan hubungan atau korelasi antara tektonik dan struktur geologi aktif dengan kejadian gempa bumi (seismogenetik). Secara fisiografis daerah Cekungan Bandung ini merupakan cekungan antar pegunungan yang diapit Komplek Gunungapi Sunda-Tangkubanprahu di sebelah Utara dan Gunungapi Komplek Malabar di sebelah Selatan. Sebelah Barat Cekungan Bandung ini dijumpai Komplek Gunungapi Lagadar dan di sebelah Timur dijumpai Komplek Gunungapi Mandalawangi.

Secara umum pola struktur geologi di daerah Cekungan Bandung dan sekitarnya ini mengikuti pola struktur geologi regional Jawa Bagian Barat, yakni pola lipatan dan patahan naik regional dengan arah sumbu relatif Barat-Timur, patahan regional yang memotong sumbu-sumbu lipatan dan patahan-patahan naik tersebut umumnya berarah relatif Utara-Selatan. Struktur geologi patahan yang berada di dan sekitar Cekungan Bandung diantaranya patahan Gunung Geulis di sebelah Selatan Cekungan Bandung, Patahan Lagadar di sebelah Barat Cekungan Bandung, Patahan Cicalengka di sebelah Timur Cekungan Bandung, Patahan Lembang di sebelah Utara Cekungan Bandung dan Patahan Baribis dan Citarunm di daerah Subang-Purwakarta.

Gempa bumi merusak pernah terjadi di sepanjang patahan ini adalah Gempa bumi Cihideung 1999, Gempa bumi Ujungberung dan Hurip Mukti 2011. Cekungan Bandung adalah merupakan hasil dinamika Tektonik Kuartar, dengan ciri bentangalam berupa cekungan. Keberadaan dari struktur geologi di dalam Cekungan Bandung ini dapat diidentifikasi berdasarkan perubahan yang signifikan dari fasies



Gambar 6.5. Peta Seismotektonik daerah Cekungan Bandung dan sekitarnya skala 1 : 100.000

endapan Kuarter secara tegak dan mendatar. Selain itu, keberadaan struktur geologi dapat diliniasi keberadaannya berdasarkan kelurusan alur sungai, terutama sungai Citarum dengan sistim cabangnya yang mengalir di dalam cekungan ini. Sesar Patahan Jati (Barat), Sesar Cicalengka dan Sesar Cileunyi- Tanjungsari. Ketiga sesar ini memotong Cekungan Bandung dengan arah relatif Utara-Selatan dan memiliki sejarah kegempaan relatif baru, diantaranya gempa bumi Jati 2005, Gempa bumi Cicalengka 2000, 2003 dan 2005 serta Gempa bumi Cileunyi 2005 dan gempa bumi Tanjungsari 1972.

Lajur Pegunungan Selatan Jawa Barat, meliputi sebagian kecil dari daerah Cekungan Bandung, terutama daerah bagian Selatan dan Barat memperlihatkan bentangalam berupa punggung gunung perbukitan. Pola lipatan di daerah ini cenderung berarah relatif Barat-Timur, dengan ciri gerak patahan naik sedangkan patahan mendatar dijumpai berarah relatif Utara-Selatan. Gempa bumi pernah terjadi pada lajur ini yakni Gempa bumi Padalarang 1910 dan Gempa Bumi Gununghalu 2004. Berdasarkan hasil interpretasi pola struktur yang berkembang dan data kejadian gempa merusak, maka keadaan seismotektonik wilayah Cekungan Bandung dapat diinterpretasikan dan dipetakan seperti yang terlihat pada Gambar 6.5 di atas.

6.3. MIKROZONASI DALAM KAJIAN GEOLOGI LINGKUNGAN

Informasi mikrozonasi dalam analisis geologi lingkungan dikelompokkan sebagai komponen bahaya geologi dan ketika akan digunakan dalam analisis geologi

lingkungan terlebih dahulu diberi nilai dan bobot sesuai kepentingan masing-masing parameter terhadap tujuan kesesuaian lahan. Perkalian antara bobot dan nilai akan menghasilkan skor. Selanjutnya akan diketahui jumlah skor dari seluruh parameter. Berdasarkan jumlah skor dapat diketahui klasifikasi kesesuaian lahan.

Peta geologi lingkungan yang telah mengadopsi peta mikrozonasi sebagai komponen bahaya geologi dan disusun pada skala lebih besar dari skala 1 : 25.000 akan menjadi informasi dasar dalam penyusunan rencana detail tata ruang (RDTR) dan peraturan zonasi (PZ) pada skala 1 : 5.000 atau 1 : 10.000 sesuai amanat Peraturan Menteri ATR Nomor 16 Tahun 2018 dan Peraturan Presiden Nomor 45 Tahun 2018 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Cekungan Bandung.

Pengadaan peta geologi lingkungan untuk kebutuhan RDTR pada skala 1 : 5.000 sesuai amanat peraturan perundangan menjadi tantangan Badan Geologi, Kementerian ESDM untuk menyusun pedoman dan mensosialisasikannya ke masyarakat, dalam hal ini para geologiawan yang bekerja di sektor swasta khususnya konsultan perencanaan. Walaupun pedoman yang dimaksud belum teralisasi, namun Georesearch Indonesia, sebuah komunitas di Yogyakarta manaruh perhatian dalam bidang riset dan pendidikan merasa terpanggil untuk ikut membantu memecahkan permasalahan tersebut melalui pembuatan peta geologi detail desa. Peta Geologi Desa adalah Peta Geologi dengan batasan administratif sebuah desa, dibuat berdasarkan data primer dan sekunder, yang menggambarkan kondisi geologi desa tersebut, seperti jenis batuan, penyebaran, hubungan antar batuan, struktur, dan sebagainya dan dibuat dengan skala 1:5000. Diharapkan kiprah dan inovasi Georesearch Indonesia menjadi cikal-bakal pemetaan skala detail di Indonesia.

6.2.1. Mikrozonasi Kota Bandung

Menurut hasil penelitian Sri Hidayati, drr (2015), ditemukan bahwa keaktifan pergeseran sesar lembang yang membentang sepanjang 29 Km dari Padalarang Kabupaten Bandung Barat hingga Gunung Manglayang Kabupaten Bandung mencapai 3 - 5.5 mm per tahun. Potensi gempa bumi dapat juga terjadi hasil dari penujaman lempeng (subduksi) di wilayah selatan akibat adanya gerakan antara lempengan tektonik Indo-australia ke arah lempeng tektonik Eurasia sehingga menimbulkan struktur sesar atau patahan. Efek guncangan yang timbul akan dirasakan dua kali lipat akibat dari kondisi tanah Bandung yang merupakan tanah sedimen tebal dan labil, berasal dari cekungan danau purba. Sedimen dengan lapisan yang labil dan tebal akan memperkuat amplifikasi atau efek guncangan gempa bumi sehingga daya rusak gempa menjadi berlipat ganda. Gempabumi yang pernah terjadi di sekitar Kota Bandung, antara lain di gunung Halu (2005), Tanjung sari (2010), Ujung berung dan Lembang (2011).

Berdasarkan informasi tersebut di atas, pemerintah Kota Bandung melakukan mitigasi bencana dalam merencanakan pemanfaatan ruang agar dapat berkembangnya kota berjalan dengan baik dan jauh dari kemungkinan terdampak bencana gempabumi. Untuk itu pemerintah Kota Bandung bekerjasama dengan Badan

Geologi melakukan kajian mikrozonasi potensi gempabumi Kota Bandung untuk kebutuhan kajian geologi lingkungan dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), Rencana Detail Tata Ruang (RDTR), dan Peraturan Zonasi.

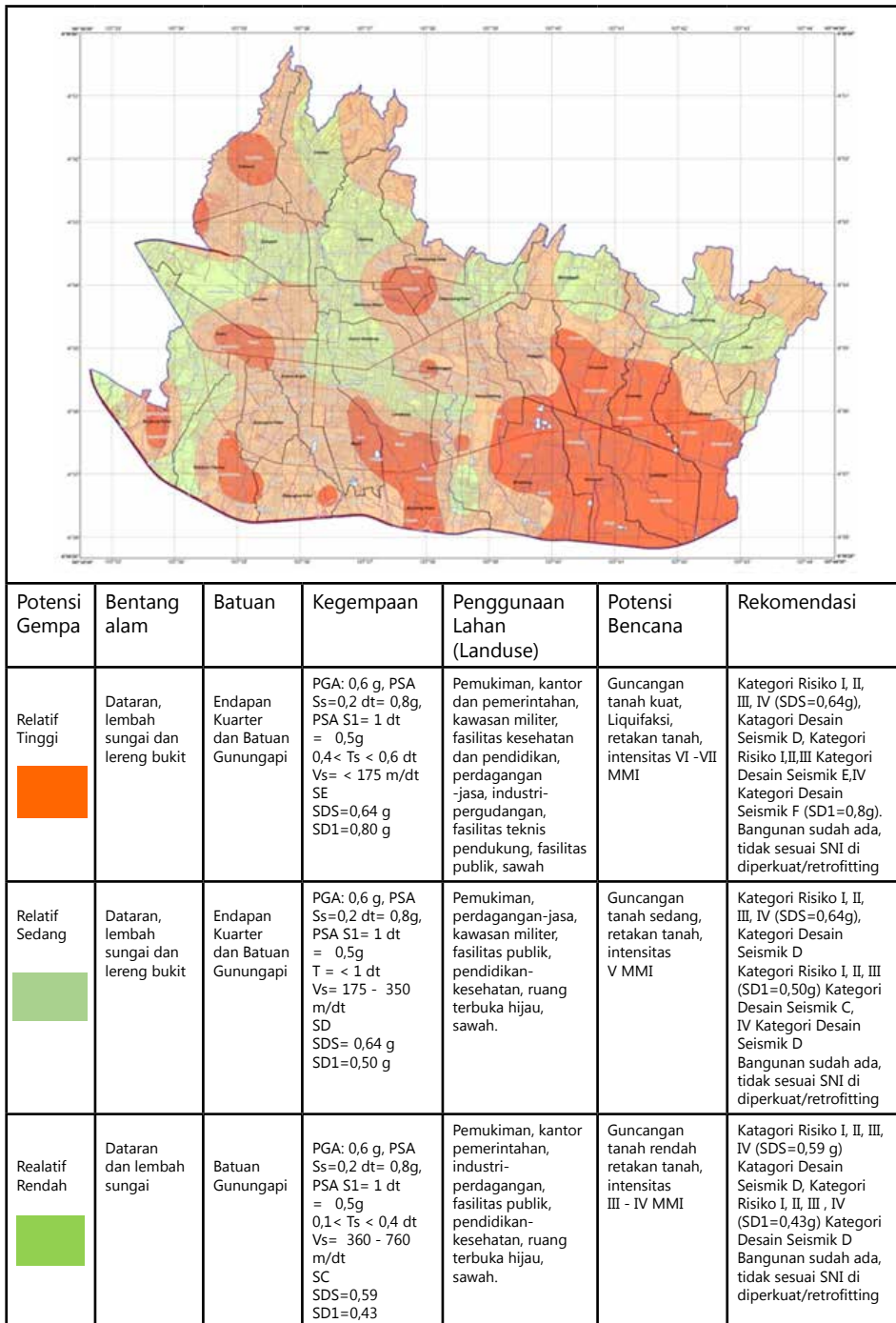
Pada dasarnya peta mikrozonasi dihasilkan berdasarkan potensi guncangan tanah yang direfleksikan oleh nilai percepatan gempa bumi dalam satuan gal atau cm/detik^2 . Besar kecilnya nilai percepatan gempa bumi di suatu daerah atau wilayah merupakan nilai kuantitatif potensi bencana sebagai penyebab terjadinya risiko gempa bumi. Hasil analisis bencana gempa bumi probabilistik (PSHA), menunjukkan daerah Cekungan Bandung terletak pada wilayah dengan $\text{PGA} = 0,227 \text{ g}$, 2% probabilistik dalam 50 tahun pada situs batuan SB. Nilai ini dapat disetarakan dengan intensitas VI – VII MMI. Berdasarkan kondisi tersebut diatas, dinilai bahwa potensi bencana gempa bumi dan risiko tinggi dapat terjadi di daerah yang memiliki kepadatan penduduk dan infrastruktur padat, seperti di kawasan perkotaan dan kecamatan.

Besar kecilnya potensi bencana gempa bumi sangat tergantung pada kondisi geologi dekat permukaan hingga kedalaman 30 meter. Batuan yang terletak 30 meter dibawah permukaan ini disebut sebagai batuan dasar geologi teknik (*geotechnical basement*). Data dan informasi sifat fisik batuan dan tanah setempat yang berperan kuat dalam merespon getaran gempa bumi adalah ragam batuan/tanah (batuan/SA, diluvium/SB, alluvium/SC dan alluvium lunak/SD), kecepatan rambat gelombang S pada kedalaman 30 meter di bawah permukaan disebut sebagai V_{s30} , frekwensi atau perioda dominan batuan dan tanah, besaran geoteknik nilai N_{spt} .

Hasil analisis data mikrotremor untuk memperkirakan ketebalan lapisan tanah lunak di 6 wilayah kecamatan di Cekungan Bandung bagian Timur adalah terindikasinya lapisan tanah di 5 wilayah kecamatan ini mempunyai nilai periode alami antara 0,5 and 3,0 detik. Menggunakan nilai kecepatan gelombang geser untuk tanah keras dan nilai periode alami di setiap lokasi, maka lapisan tanah lunak yang paling tebal terletak di daerah Kecamatan Dayeuhkolot, sedangkan lapisan tanah tertipis terletak di daerah Baleendah dan Rancaekek. Dengan demikian, pengukuran mikrotremor mengindikasikan variasi ketebalan lapisan tanah lunak di wilayah Cekungan Bandung yang terasosiasi dengan topografi bawah permukaan pada lapisan tanah keras.

Berdasarkan Gambar 6.6 di atas, maka wilayah yang memiliki potensi gempabumi relatif tinggi, secara geologi teknik disusun oleh lempung dan lempung organik (CH, OH, OL) yang merupakan endapan rawa/danau dengan sisipan pasir lempungan endapan sungai atau aluvium vulkanik, ketebalan antara 1-26 m. Tanahnya berwarna abu-abu kehitaman, abu-abu kehijauan, konsistensi sangat lunak-lunak, plastisitas rendah-sedang, kompresibilitas tinggi, permeabilitas rendah, banyak mengandung material organik, berat jenis 2,31-2,75, berat isi asli 1,3-1,63 gr/cm^3 . Dari hasil penyondiran diperoleh tekanan konus berkisar antara 5-25 kg/cm^2 , sedangkan nilai hasil Standart Penetration Test (SPT) berkisar antara 0-4.

Dengan kondisi di atas, maka daya dukung yang diijinkan rendah ($<0,35 \text{ kg/cm}^2$) untuk keperluan pondasi ringan dapat dipakai pondasi langsung dengan terlebih dahulu dilakukan perbaikan dasar pondasi dengan cara mengupas lapisan atas dan



Gambar 6.6. Peta Mikrozonasi Kerentanan Bencana Gempabumi dan Ikutannya untuk Kota Bandung Jawa Barat dan sekitarnya.

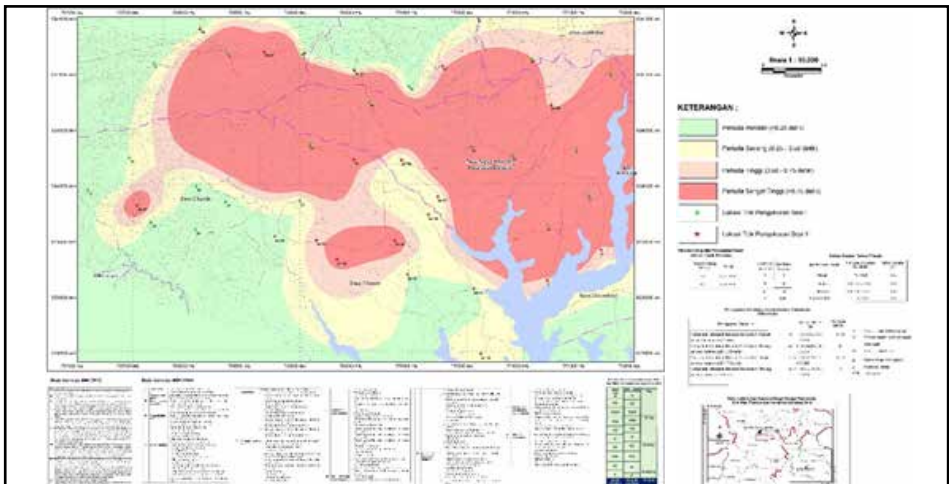
diganti dengan pasir yang dipadatkan, akan lebih baik bila dipakai kayu cerucuk di bawah dasar pondasi atau memakai jenis pondasi mengambang. Sedangkan untuk pondasi bangunan berat dapat dipakai pondasi tiang pancang atau sumuran yang bertumpu pada aluvium vulkanik. Kedalaman muka airtanah bebas sangat dangkal.

Kendala geologi lainnya yang dijumpai di wilayah ini adalah banjir dan sifat airtanah bebas yang kurang baik untuk air minum ataupun korosifitasnya yang tinggi terhadap bangunan serta mempunyai perosokan (penurunan) tanah yang tinggi. Walaupun penggalian pada satuan ini mudah dilaksanakan dengan peralatan non mekanik, namun perlu memperhatikan airtanah dan bahaya longsor dinding galian.

6.2.2. Penerapan Mikrozonasi dalam Kajian Geologi Lingkungan di Wilayah Padalarang

Kota Bandung didesain oleh Thomas Karsten untuk menampung sekitar 750.000 penduduk kini telah dihuni 2,497 jiwa, Kabupaten Bandung 3,7 Juta Jiwa dan Kabupaten Bandung Barat 1,7 Juta jiwa (BPS Jabar). Akibat beban tekanan jumlah penduduk yang semakin meningkat di kota Bandung, pada akhirnya sebagian penduduk mencari lahan baru diluar kota Bandung, menyebar ke pinggiran Kota Bandung, Kabupaten Bandung dan Kabupaten Bandung Barat. Wilayah perbukitan dan pegunungan yang dulu dipenuhi hutan lebat telah beralih fungsi menjadi perladangan masyarakat dan perumahan. Hal ini tidak terlepas dari tingginya pertumbuhan penduduk dan kebutuhan akan perumahan serta perladangan sebagai sumber mata pencaharain.

Pada beberapa kasus pengembangan permukiman perkotaan di pinggiran Kota Bandung dibangun pada lahan yang memiliki kecenderungan kerentanan gempa



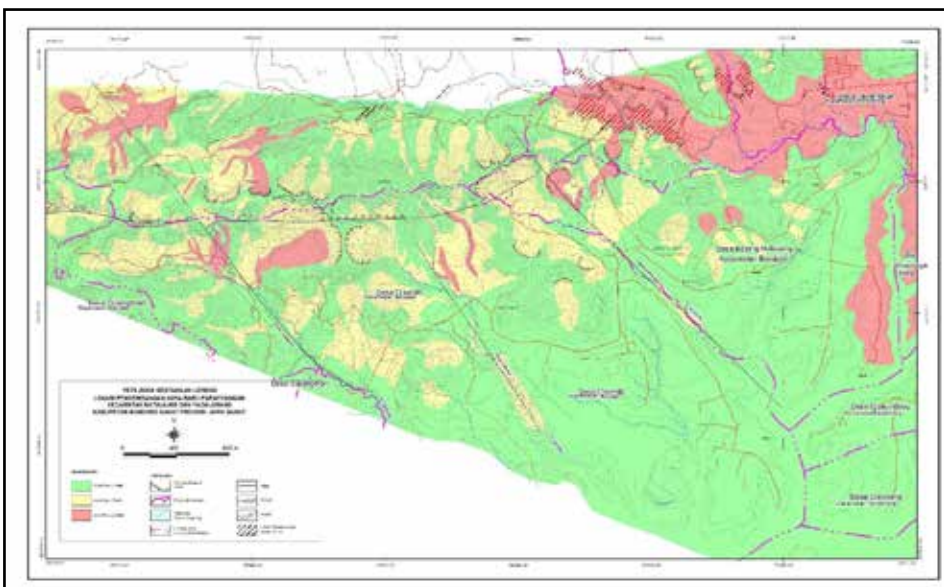
Gambar 6.7. Peta Mikrozonasi Respon Dinamika Kegempaan Lokasi Pengembangan Permukiman Kota Baru Parahyangan Kecamatan Batujajar dan Padalarang, Kabupaten Bandung Barat di buat untuk mendukung data yang dibutuhkan dalam pemetaan geologi lingkungan detail.

bumi sedang sampai tinggi sehingga untuk kebutuhan kajian Geologi Lingkungan dalam penyusunan Detail Engineering Desain (DED) diperlukan kajian mikrozonasi. Sebagai contoh, kajian mikrozonasi ini dilakukan dalam perluasan Kompleks Permukiman Modern Kota Baru Parahyangan (KBP) di wilayah Padalarang, Kabupaten Bandung Barat. Alasannya adalah memberikan rasa aman dan nyaman kepada penghuni lama maupun calon penghuni berikutnya, (lihat Gambar 6.7).

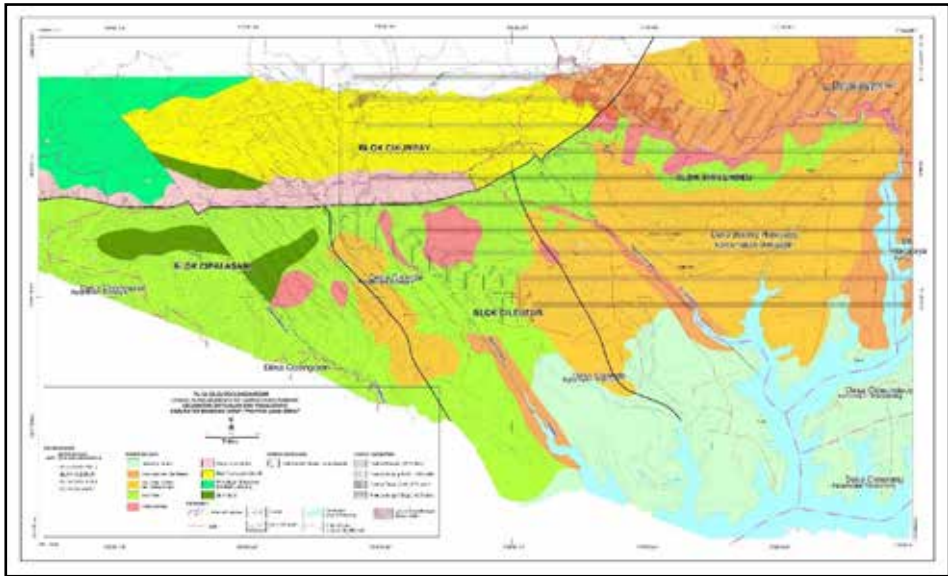
Pengembang KBP ini patut diapresiasi, selain melakukan kajian mikrozonasi juga melakukan kajian stabilitas lereng pada skala rinci. Kedua kajian ini sangat berperan penting dalam analisis geologi lingkungan untuk kebutuhan DED pada lokasi perluasan KBP. Hal ini dilakukan sebagai strategi tanggap dalam mengatasi permasalahan pembangunan di Indonesia khususnya Pulau Jawa yang berada pada zona atau kawasan rawan bencana, seperti yang diamanatkan dalam Peraturan Menteri Perumahan Rakyat Nomor 10 Tahun 2019 Tentang Pedoman Mitigasi Bencana Alam Bidang Perumahan dan Kawasan Permukiman, salah satunya harus melakukan kajian mikrozonasi. Juga amanat Peraturan Menteri ATR Nomor 16 Tahun 2018 Tentang Rencana Detail Tata Ruang dan Peraturan Zonasi yang berkaitan dengan pentingnya analisis geologi lingkungan untuk memberikan rekomendasi pembangunan di daerah rawan bencana.

Peraturan Zonasi yang dimaksud dalam peraturan perundangan tersebut di atas terdiri atas dua bagian (Levy, 1997), yaitu:

1. Teks peraturan zonasi untuk tiap zona, umumnya meliputi :
 - Persyaratan *lay-out* tapak (mencakup antara lain: luas persil minimal, lebar dan panjang persil minimal, minimal sempadan (depan, samping,



Gambar 6.8. Peta Kestabilan Lereng Lokasi Pengembangan Permukiman Kota Baru Parahyangan Kecamatan Batujajar dan Padalarang, Kabupaten Bandung Barat.



Gambar 6.9. Peta Geologi Lingkungan Lokasi Pengembangan Permukiman Kota Baru Parahiangan Kecamatan Batujajar dan Padalarang, Kabupaten Bandung Barat.

REKOMENDASI BLOK CILEUEUR

- Blok Cileueur didairi oleh satuan batu pasir dan satuan breksi andesit (Formasi Jatuhura). Satuan Pasir Korikitan-Kejakalan (Endapan Kipas Aluvial) hanya dijumpai pada daerah lembah S. Cileueur, yang sebarannya ke arah cekungan (waduk Seguling); diperkirakan jari menjari dengan Satuan Lampong Tutuan (Endapan Danau). Sebaran Satuan Batu Pasir Tutuan dan Breksi Tutuan hanya terdapat pada lereng bagian atas dekat puncak perbukitan.
- Terutama pada satuan batu pasir dan satuan breksi andesit terdapat kondisi akuifer dengan produktivitas kecil dan daerah air tanah langka, setempat air tanah dangkal dalam jumlah terbatas dapat diperoleh pada zona petapukan batuan.
- Secara umum daerah pada blok ini berpotensi terjadi gerakan tanah, dan retakan tanah, serta likuifaksi (di sekitar waduk Seguling), apabila terjadi guncangan akibat gempa bumi, termasuk pada Zona Periode Sangat Tinggi (periode dominan > 0,75 detik), setara dengan skala VI MMI.
- Pada daerah lereng perbukitan yang miring ke arah padalarang sekitar waduk/danau, dibanyak tempat tersusun oleh tanah petapukan (tanah lanauan dan lempungan), terutama pada lembah S. Cileueur, tebalnya 0,5-1,5 m, setempat ada yang mencapai 2 m, sedangkan material rombakan tebalnya ada yang mencapai 10 m. Terbentuk lapisan tanah yang mempunyai daya dukung pondasi (pondasi dangkal, dan setempat pondasi dalam) rata-rata rendah, yaitu pada BH 17 untuk pondasi dangkal (kedalaman 2 m) adalah 1,38 ton/m², pada BH 15 untuk pondasi dalam (kedalaman 10 m) adalah 5,88 ton.

Gambar 6.10. Contoh Rekomendasi Geologi Lingkungan untuk salah satu blok di Lokasi Pengembangan Permukiman Kota Baru Parahiangan Kecamatan Batujajar dan Padalarang, Kabupaten Bandung Barat.

belakang), *building coverage* atau maksimum % tapak yang tertutup bangunan, jalan masuk ke persil, syarat perparkiran, dan aturan ukuran dan penempatan papan nama;

- Persyaratan karakteristik bangunan, mencakup antara lain tinggi maksimum, jumlah lantai maksimum, *Floor Area Ratio* (FAR) atau jumlah luas lantai

berbanding dengan luas persil;

- Guna bangunan yang diizinkan;
 - Prosedur perizinan (pengajuan, penilaian dan keputusan naik banding dan sebagainya).
2. Pada peta zonasi, pembagian wilayah pengembangan dapat menjadi beberapa kawasan atau zona peruntukan dapat terlihat jelas dalam peta zonasi.

Hasil kajian geologi lingkungan dapat menjadi acuan dalam penerapan peraturan zonasi yang memiliki fungsi, sebagai berikut:

1. Sebagai perangkat pengendalian pembangunan pada wilayah rawan bencana. Peraturan zonasi yang lengkap akan memuat prosedur pelaksanaan pembangunan sampai pada tata cara pengawasannya. Ketentuan-ketentuan yang ada karena dikemas menurut penyusunan perundangan yang baku dapat menjadi landasan dalam penegakan hukum bila terjadi pelanggaran.
2. Sebagai pedoman penyusunan rencana operasional. Ketentuan/peraturan zonasi menjadi dasar dalam penyusunan rencana tata ruang yang operasional, karena memuat ketentuan tentang penjabaran rencana yang bersifat sub makro sampai pada rencana yang rinci sehingga dapat menjadi panduan teknis pemanfaatan lahan/ruang.

BAB 7

MEWASPADAI BANJIR BANDANG DI WILAYAH CEKUNGAN BANDUNG

Kontributor:

Asep Nursalim, Yohandi Kristiawan,
Kurniah, dan Adrikni

Banjir Bandang merupakan salah satu bencana alam yang cukup sering terjadi di Indonesia. Beberapa kali bencana ini telah merenggut nyawa masyarakat yang terkena dampaknya. Curah hujan yang sangat tinggi dan penebangan hutan yang dilakukan secara liar, masih menjadi masalah utama penyebab banjir bandang. Secara umum kejadian aliran bahan rombakan atau banjir bandang jarang terjadi di Cekungan Bandung, kecuali akibat adanya *flash flood* yaitu banjir bandang akibat curah hujan tinggi/ekstrem yang mengakibatkan debit sungai naik secara cepat. Hal ini dikarenakan material lepas yang berpotensi menghambat aliran sungai didominasi oleh tanah berukuran pasir dan lempung. Ketika bercampur dengan air sungai akan berubah menjadi lumpur sehingga karakter penyebarannya serupa dengan *flash flood* pada umumnya. Namun, kejadian banjir bandang di wilayah Cicaheum dan Ujungberung merubah cara pandang di atas sehingga perlu mewaspadainya karena kejadian tersebut bisa terjadi di wilayah Cekungan Bandung lainnya karena adanya kemiripan indikasi penyebabnya seperti terjadinya penggundulan di bagian hulu sungai dan tata guna lahan berupa lahan pertanian dan permukiman yang semakin meluas. Kedua hal tersebut menyebabkan limpasan air hujan cenderung langsung menuju sungai dan hanya sebagian kecil yang meresap ke dalam tanah.

7.1. MEMAHAMI BANJIR BANDANG

7.1.1. Pengertian Banjir Bandang

Banjir bandang adalah jenis banjir yang terjadi di suatu daerah yang memiliki permukaan rendah dan terjadi karena hujan yang turun secara terus-menerus. Banjir bandang ini mempunyai sifat datang secara tiba-tiba dan biasanya terjadi dengan sangat cepat. Selain itu, banjir bandang juga terjadi karena air yang berada di wilayah tersebut sudah berada di titik jenuh. Sehingga banjir datang sangat cepat dan air tidak dapat lagi diserap oleh lapisan tanah. Akibatnya sisa-sisa air akan tergenang di daerah yang lebih rendah.

Banjir bandang tergolong ke dalam jenis banjir yang besar dan banyak menimbulkan kerugian. Hal ini karena banjir bandang akan menyeret apa saja karena arusnya sangat kuat. Semua benda yang dilewati oleh banjir bandang dapat hanyut hingga hancur terbawa arus. Selain menyebabkan kerugian materi, banjir bandang juga dapat menimbulkan banyak kerugian lainnya.

7.1.2. Penyebab Terjadinya Banjir Bandang

Banjir bandang merupakan suatu bencana alam yang dapat terjadi karena dipicu oleh berbagai faktor, diantaranya adalah:

1. Hujan deras yang terjadi secara terus-menerus atau dalam durasi yang cukup lama.
2. Terbentuknya sebuah bendungan yang berada di hulu akibat wilayah sungai dalam kondisi sebagai berikut:
 - Geometri di daerah aliran sungai yang menunjang antara bagian hulu dan hilir.
 - Pembuangan sampah sembarangan di sungai, akan menyebabkan terjadinya pendangkalan di dasar sungai.
 - Pendirian bangunan liar yang berada di sekitar sungai, yang akan menyebabkan air yang dapat terserap ke dalam tanah tidak maksimal.
 - Penebangan hutan yang meninggalkan potongan-potongan kayu yang kemudian terbawa air ke sungai.

7.2. PEMODELAN ALIRAN BAHAN PERMUKAAN

Salah satu penyebab terjadinya banjir bandang adalah terbentuknya sebuah bendungan akibat terkumpulnya berbagai bahan permukaan baik alami (bebatuan) maupun buatan (sampah dan sisa-sisa kayu). Untuk sungai-sungai yang pernah mengalami banjir bandang mudah diidentifikasi melalui jejak-jejak yang ditinggalkannya, sedangkan sungai-sungai lain yang belum pernah mengalaminya membutuhkan penyelidikan dan penelitian salah satunya melalui pemodelan aliran bahan permukaan.

Oleh karena sungai-sungai yang ada di wilayah Cekungan Bandung memiliki karakteristik geomorfologi, geologi, dan perubahan penggunaan lahan yang memiliki kemiripan, maka kejadian banjir bandang di wilayah Cicaheum dan Ujungberung dapat terjadi pula di wilayah lainnya dan di kedua wilayah tersebut tidak menutup kemungkinan terjadi pula di masa yang akan datang. Dengan demikian, kejadian di wilayah Civaheum dan Ujungberung dapat menjadi acuan dalam melakukan pemodelan pada sungai-sungai yang ada di wilayah Cekungan Bandung.

Dalam melakukan pemodelan, wilayah Cekungan Bandung diasumsikan model banjir bandang dengan karakter *flash flood* dimana material dianggap medium dan tidak terlalu pekat-encer, hal ini dilakukan untuk mengetahui karakter sungai bila dialiri aliran dengan volume tertentu. Beberapa yang dimodelkan diantaranya: Sungai Cihideung, Cibeureum, Cikapundung, Cipamujaan, Cipanjar, Cisangkuy, Cigeureuh, Cikapundung, dan Sungai Citarum. Semua sungai tersebut mengalir ke arah Cekungan Bandung.

7.2.1. Sungai Cihideung dan Cibeureum

Sungai Cihideung dan Cibeureum mengalir di bagian barat Cekungan Bandung. Hulu sungai berada di wilayah Cisarua, Bandung Barat dan alirannya mengarah ke Kota Cimahi. Sungai Cihideung di bagian hulu terdapat Curug yaitu Curug Cimahi yang menjadi salah satu tujuan wisata yang menyedot banyak pengunjung. Sedangkan Sungai Cibeureum berada di balik punggung bukit di sebelah timurnya. Kedua sungai ini mengalir pada batuan endapan aliran piroklastik G. Tangkuban Perahu (Soetoyo dan Hadisantono, 1992). Sehingga di lapangan banyak dijumpai rombakan lava dan tuff berukuran pasir hingga bongkah pada tepian sungai.

Titik inisiasi ditetapkan pada beberapa pertemuan sungai kecil yang membentuk Sungai. Model dibuat dengan asumsi aliran yang cukup encer tidak terlalu pekat yang mungkin diakibatkan curah hujan tinggi dalam intensitas yang sangat lama yang mampu menghasilkan volume asumsi 250000 m^3 .

Hasil pemodelan Sungai Cihideung, pada variasi nilai $\mu = 0,15$, dengan asumsi aliran agak pekat dihasilkan model dengan luas landaan mencapai 650049 m^2 dengan panjang landaan maksimal $4,35 \text{ km}$. Pada variasi nilai $\mu = 0,1$, dengan asumsi aliran encer, dihasilkan model dengan luas landaan mencapai 695796 m^2 dengan panjang landaan maksimal $5,3 \text{ km}$.

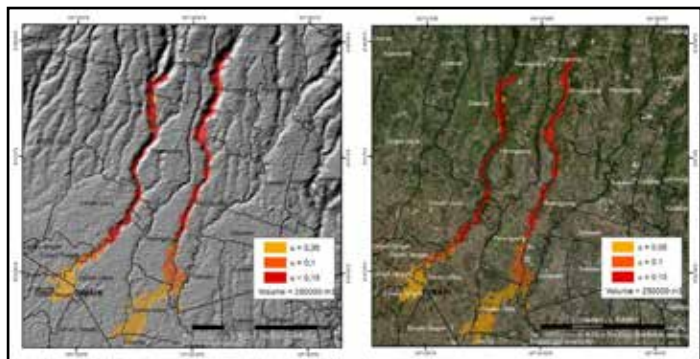
Pada variasi nilai $\mu = 0,05$, dengan asumsi aliran sangat encer dihasilkan model dengan luas landaan mencapai 1029342 m^2 dengan panjang landaan maksimal $6,3 \text{ km}$. Sedangkan untuk Sungai Cibeureum, pada variasi nilai $\mu = 0,15$ (agak pekat) menunjukkan luas landaan mencapai 668265 m^2 dengan panjang landaan maksimum $4,84 \text{ km}$. Pada variasi nilai $\mu = 0,1$ (aliran encer) dihasilkan model dengan luas landaan mencapai 904245 m^2 dengan panjang landaan maksimal $6,09 \text{ km}$. Pada variasi nilai $\mu = 0,05$, (aliran sangat encer) dihasilkan model dengan luas landaan mencapai 1461627 m^2 dengan panjang landaan maksimal $7,8 \text{ km}$.

Dari hasil pemodelan pada Sungai Cihideung menunjukkan bahwa Kota Cimahi

terdampak terkena luapan banjir pada model banjir dengan asumsi sangat encer ($\mu = 0,05$). Sedangkan pada nilai μ lebih tinggi atau lebih pekat menunjukkan landaan yang lebih pendek khususnya di Cimahi Utara. Luapan banjir terjadi karena Kota Cimahi merupakan area sedimentasi pengendapan dari Sungai Cihideung. Bila curah hujan tinggi terjadi selama berhari-hari dan diikuti dengan kenaikan debit sungai maka banjir dapat terjadi. Namun bila melihat karakter sungai dan kejadiannya maka banjir yang terjadi lebih ke *flash flood*. Selain itu luapan banjir juga terjadi di sekitar daerah aliran sungai dari Cisarua hingga ke arah Kota Cimahi. Kondisi di lapangan menunjukkan perubahan alih fungsi lahan pada daerah aliran sungai menjadi pemukiman dan kebun. Selain itu terjadi pula penyempitan aliran sungai akibat alih fungsi lahan tersebut. Kondisi ini membuat bangunan-bangunan yang berada di sekitar daerah aliran sungai rentan terkena hempasan banjir.

Hasil pemodelan Sungai Cibeureum (Gambar 7.1) menunjukkan daerah landaan banyak terdapat di daerah Cimahi Utara dan Parongpong. Karakter tidak jauh berbeda dengan Sungai Cihideung. Daerah Cimahi utara dan sedikit Cicendo terdampak pada model aliran sangat encer ($\mu = 0,05$). Sedangkan untuk model aliran encer ($\mu = 0,1$) dan agak pekat ($\mu = 0,15$) menunjukkan konsentrasi daerah landaan di sepanjang aliran sungai di Kawasan Parongpong dan Cimahi Utara. Hasil pemodelan pada Sungai Cibeureum menunjukkan hasil model yang lebih luas dan panjang. Hal ini disebabkan karena Sungai Cibeureum mempunyai penampang yang lebih sempit bila dibandingkan dengan Cihideung. Alih fungsi lahan di sepanjang sungai menyebabkan sungai lebih sempit serta membuat bangunan di sepanjang aliran sungai rentan terkena banjir.

Gambar 7.1. Hasil Pemodelan RAMMS sungai Cihideung (aliran sebelah kiri) dan Cibeureum (aliran sebelah kanan).

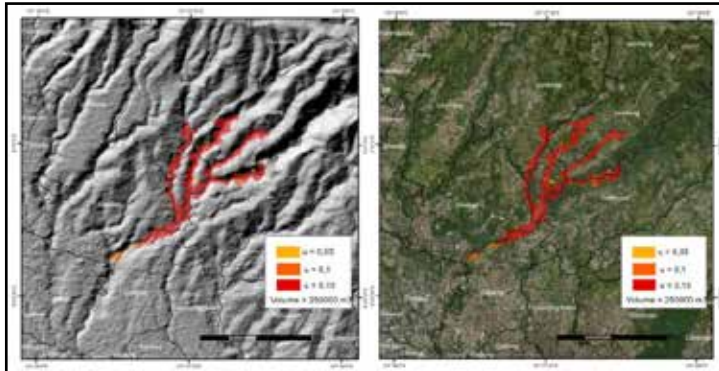


7.2.2 Sungai Cikapundung

Sungai Cikapundung berhulu di daerah Maribaya Lembang. Sungai ini mempunyai karakter lembah sungai yang cukup luas di bagian hulu dan dikelilingi lereng yang tinggi membentuk luas penampang yang paling besar diantara sungai-sungai yang lain di Bandung. Sungai ini mengarah tepat ke Kota Bandung. Secara umum sungai ini mengalir pada batuan vulkanik yaitu endapan aliran piroklastik G. Tangkuban Perahu (Soetoyo dan Hadisantono, 1992). Sehingga material sungai didominasi pasir dan bongkah hasil rombakan batuan vulkanik Tangkuban Perahu yang didominasi Tuff dan sebagian sisipan Lava dari batuan yang lebih tua.

Titik inisiasi ditetapkan pada anak anak sungai kecil yang membentuk Sungai. Model dibuat dengan asumsi aliran yang cukup encer tidak terlalu pekat yang mungkin diakibatkan curah hujan tinggi dalam intensitas yang sangat lama yang mampu menghasilkan volume asumsi 250000 m³. Hasil pemodelan di Sungai Cikapundung, pada variasi nilai $\mu = 0,15$ (agak pekat) menunjukkan luas landaan mencapai 1007814 m² dengan panjang landaan maksimum 3,07 km. Pada variasi nilai $\mu = 0,1$ (aliran encer) dihasilkan model dengan luas landaan mencapai 925497 m² dengan panjang landaan maksimal 3,6 km. Pada variasi nilai $\mu = 0,05$, (aliran sangat encer) dihasilkan model dengan luas landaan mencapai 780804 m² dengan panjang landaan maksimal 3,7 km. Berdasarkan hasil pemodelan menunjukkan hasil yang kurang signifikan. Panjang landaan model $\mu = 0,1$ (aliran encer) dengan $\mu = 0,05$ (aliran sangat encer) tidak jauh berbeda. Selain itu daerah landaan terluas justru terdapat pada model $\mu = 0,1$ (agak pekat). Hal ini disebabkan karena faktor DEM yang menunjukkan adanya perubahan beda tinggi yang signifikan pada jalur aliran. Akibatnya material endapan menumpuk dan berhenti pada titik tersebut. Faktor lain juga dipengaruhi oleh penampang sungai Cikapundung yang luas dan besar sehingga dapat menampung debit air yang besar.

Hasil pemodelan (Gambar 7.2) menunjukkan daerah landaan yang rentan banjir berada pada pertemuan anak anak sungai Cikapundung (daerah Cidadap) dan di sepanjang jalur aliran tersebut. Pada jalur tersebut banyak dibangun bangunan baru. Perubahan lahan pada daerah jalur aliran tersebut menyebabkan bangunan yang berada di area tersebut rentan terkena hempasan banjir.



Gambar 7.2. Hasil Pemodelan RAMMS sungai Cikapundung

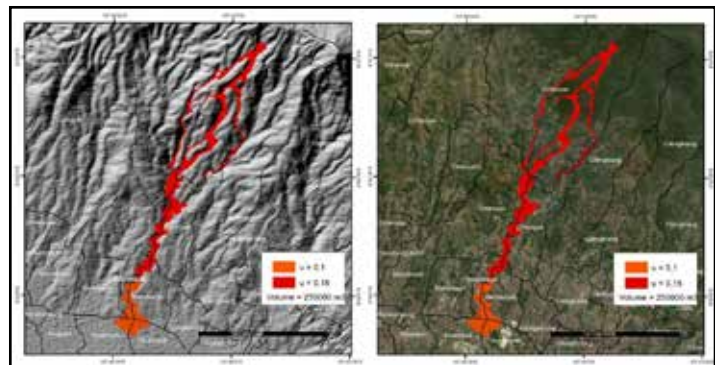
7.2.3. Sungai Cipamujaan

Sungai Cipamujaan mengalir di daerah Bandung Timur dari Kecamatan Cimenyan mengalir ke selatan ke arah Arcamanik. Daerah di kawasan tersebut secara umum merupakan ladang masyarakat. Sungai mengalir kecil dengan cekukan lereng menjadi daerah aliran air saat musim hujan.

Dahulu kawasan ini merupakan hutan yang sekarang sudah dirubah fungsinya menjadi ladang. Kawasan hutan memang masih ada namun jumlahnya sudah sangat sedikit. Batuan pada sungai Cipamujaan berupa Lava dari Gunung Sunda.

Secara umum merupakan lava andesit di bagian dasar sungai. Sedangkan material rombakan berupa bongkah lava andesit serta tanah dan campuran sisa tumbuhan/pohon tumbang. Titik inisiasi ditetapkan pada bagian atas hulu sungai. Model dibuat dengan asumsi aliran yang cukup encer tidak terlalu pekat yang mungkin diakibatkan curah hujan tinggi dalam intensitas yang sangat lama yang mampu menghasilkan volume asumsi 250000 m³. Hasil pemodelan Sungai Cipamujaan, pada variasi nilai $\mu = 0,15$, dengan asumsi aliran agak pekat dihasilkan model dengan luas landaan mencapai 1492953 m² dengan panjang landaan maksimal 6,14 km. Pada variasi nilai $\mu = 0,1$, dengan asumsi aliran encer, dihasilkan model dengan luas landaan mencapai 1351434 m² dengan panjang landaan maksimal 7,54 km. Pada variasi nilai $\mu = 0,05$, dengan asumsi aliran sangat encer hasil model dianggap overestimate karena model banjir terlalu besar dan tidak sesuai kondisi lapangan. Hasil model untuk Sungai Cipamujaan cukup menarik karena luas model $\mu = 0,15$ (agak pekat) justru lebih luas daripada model $\mu = 0,1$ (encer). Hal ini diperkirakan akibat karakter alirannya yang lebih pekat cenderung menyeruak (surge) sehingga alirannya lebih tersebar. Penampang sungai juga tidak terlalu besar. Selain itu banyak anak sungai yang cenderung berair hanya pada saat musim hujan. Tata guna lahan yang berupa ladang dan pemukiman juga berpengaruh karena mengurangi daerah resapan air.

Hasil model (Gambar 7.3) menunjukkan daerah landaan terbesar berada di kawasan Arcamanik yang merupakan daerah deposisi. Selain itu daerah sekitar aliran sungai juga rentan terkena dampak luapan banjir.



Gambar 7.3. Hasil Pemodelan RAMMS sungai Cipamujaan

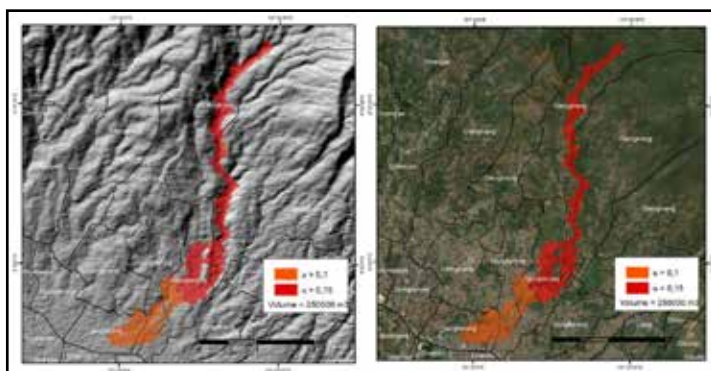
7.2.4. Sungai Cipanjar

Sungai Cipanjar merupakan sungai yang terletak di daerah Cilengkrang, Kabupaten Bandung. Sungai ini mengalir pada batas 2 Formasi batuan yaitu Lava Sunda dan Lava Gunung Manglayang. Karenanya batuan di sekitar sungai tersebut merupakan rombakan dari kedua formasi tersebut.

Titik inisiasi ditetapkan pada bagian atas yang dianggap mewakili hulu sungai. Model dibuat dengan asumsi aliran yang cukup encer tidak terlalu pekat yang mungkin diakibatkan curah hujan tinggi dalam intensitas yang sangat lama yang mampu menghasilkan volume asumsi 250000 m³. Hasil model (Gambar 7.4) cenderung sama dengan model pada Sungai Cipamujaan yang berada di sebelah timur Sungai Cipanjar.

Hasil pemodelan Sungai Cipamujaan, pada variasi nilai $\mu = 0,15$, dengan asumsi aliran agak pekat dihasilkan model dengan luas landaan mencapai 1156854 m² dengan panjang landaan maksimal 5 km. Pada variasi nilai $\mu = 0,1$, dengan asumsi aliran encer, dihasilkan model dengan luas landaan mencapai 1522485 m² dengan panjang landaan maksimal 6,5 km. Pada variasi nilai $\mu = 0,05$, dengan asumsi aliran sangat encer hasil model dianggap overestimate karena model banjir terlalu besar dan tidak sesuai kondisi lapangan.

Daerah landaan banjir pada model Sungai Cijanjar adalah daerah Ujungberung. Selain itu bangunan di sekitar aliran sungai juga rentan terhadap luapan banjir. Masalah umum yang dijumpai adalah perubahan alih fungsi lahan di daerah aliran sungai menjadi pemukiman dan kebun. Bangunan-bangunan tersebut menjadi rentan banjir. Hal ini dijumpai di daerah kawasan Bandung Utara yang lambat laun perubahan alih fungsi lahan dari hutan menjadi pemukiman semakin besar. Akibatnya resapan air menjadi berkurang sehingga air permukaan sukar surut saat hujan sehingga dapat memicu terjadinya longsor dan banjir.



Gambar 7.4. Hasil Pemodelan RAMMS sungai Cijanjar

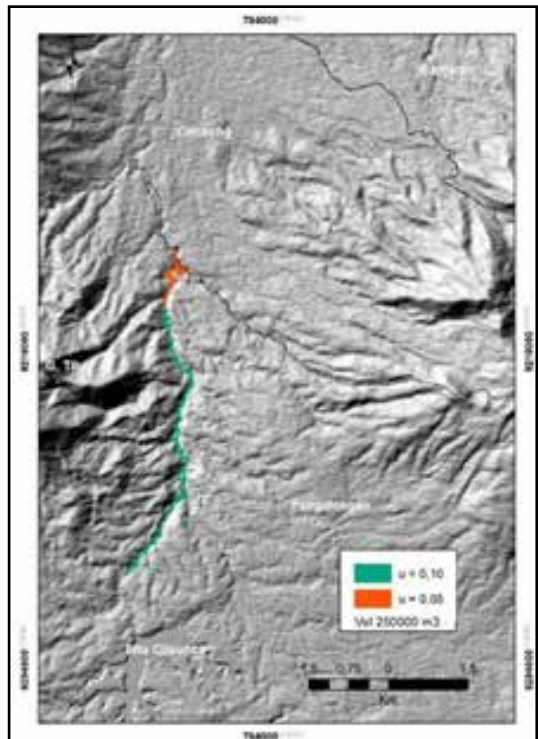
7.2.5. Sungai Cisangkuy

Sungai Cisangkuy mengalir di bagian selatan Cekungan Bandung. Hulu sungai berada di wilayah Pangalengan, Kab. Bandung dan alirannya melewati Kec. Pangalengan, Kec. Cimaung, Kec. Cangkuang, Kec. Pameungpeuk, dan bermuara di Sungai Citarum di Kec. Baleendah. Sungai Cisangkuy di bagian hulu terdapat Situ Cileunca yang menjadi salah satu tujuan wisata populer di Pangalengan. Sungai ini mengalir pada batuan endapan remah lepas gunungapimtua tak teruraikan dan pada lava Gunung Tilu (Alzwar, dkk., 1992). Di lapangan banyak dijumpai rombakan lava dan tuff berukuran pasir hingga bongkah pada tepian sungai.

Titik inisiasi ditetapkan pada pertemuan saluran pelimpas Waduk Cileunca dengan aliran Sungai Cisangkuy. Model dibuat dengan asumsi aliran yang cukup encer tidak terlalu pekat yang mungkin diakibatkan buangan waduk dan curah hujan tinggi dalam intensitas yang sangat lama yang mampu menghasilkan volume asumsi 250000 m³. Hasil pemodelan Sungai Cisangkuy, pada variasi nilai $\mu = 0,1$, dengan asumsi aliran encer, dihasilkan model dengan luas landaan mencapai 384951 m² dengan panjang landaan maksimal 6 km. Pada variasi nilai $\mu = 0,05$, dengan asumsi

aliran sangat encer dihasilkan model dengan luas landaan mencapai 348243 m² dengan panjang landaan maks 7,5 km.

Dari hasil pemodelan pada Sungai Cisangkuy (Gambar 7.5) menunjukkan bahwa dampak luapan banjir pada model banjir dengan asumsi sangat encer ($\mu = 0,05$) hanya mencapai lereng Gunung Tilu di Kec. Pangalengan. Pada nilai μ lebih tinggi atau lebih pekat menunjukkan landaan yang lebih pendek namun tidak berbeda signifikan dengan asumsi pertama. Luapan banjir terjadi terutama pada area sedimentasi dari Sungai Cisangkuy yang berada di Kec. Cangkuang hingga ke hilir. Bila curah hujan tinggi terjadi selama berhari hari dan diikuti dengan kenaikan debit sungai maka banjir dapat mencapai wilayah tersebut. Namun bila melihat karakter sungai dan kejadiannya maka banjir yang terjadi lebih ke *flash flood*. Kondisi di lapangan menunjukkan perubahan alih fungsi lahan pada daerah aliran sungai menjadi pemukiman dan kebun. Namun, luapan banjir sebelum mencapai area sedimentasi hanya terjadi di sekitar badan sungai dikarenakan morfologi lembah sungai yang curam dan dalam. Jalan dan jembatan menjadi yang paling rawan terkena hempasan banjir.



Gambar 7.5.
Hasil Pemodelan RAMMS sungai
Cisangkuy.

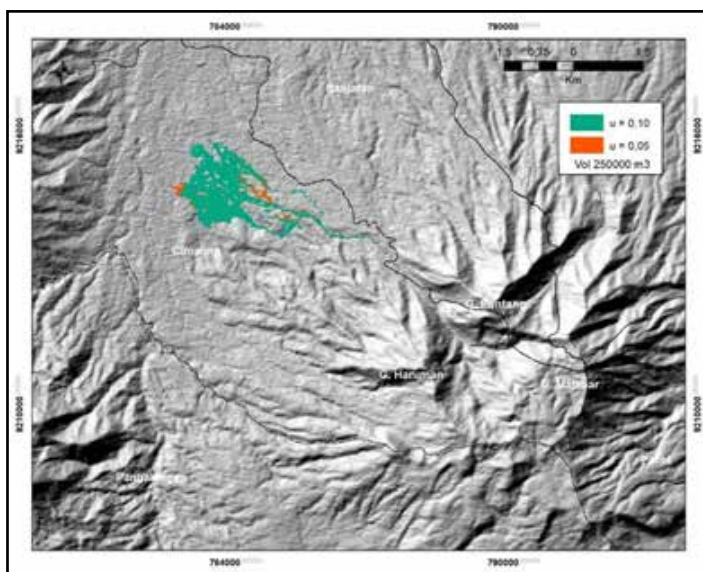
7.2.6. Sungai Cigeureuh

Sungai Cigeureuh mengalir di bagian selatan Cekungan Bandung. Hulu sungai berada di wilayah G. Malabar, Kab. Bandung dan alirannya melewati Kec Cimaung dan bermuara di Sungai Cisangkuy di wilayah yang sama. Sungai Cigeureuh di bagian hulu melewati G. Puntang yang menjadi salah satu tujuan wisata populer di Cimaung.

Sungai ini mengalir pada batuan gunungapi Malabar-Tilu (Alzwar, dr., 1992). Di lapangan banyak dijumpai rombakan lava dan tuff berukuran pasir hingga bongkah pada badan sungai.

Titik inisiasi ditetapkan pada pertemuan sungai-sungai kecil dalam lembah tapal kuda yang dikelilingi oleh puncak Gunung Malabar, Gunung Puntang dan Gunung Haruman. Model dibuat dengan asumsi aliran yang cukup encer tidak terlalu pekat yang mungkin diakibatkan curah hujan tinggi dalam intensitas sangat lama yang mampu menghasilkan volume asumsi 250000 m³.

Hasil pemodelan Sungai Cigeureuh, pada variasi nilai $\mu = 0,10$ dengan asumsi aliran encer, dihasilkan model dengan luas landaan mencapai 2063238 m² dengan panjang landaan maksimal 7,2 km. Pada variasi nilai $\mu = 0,05$, dengan asumsi aliran sangat encer dihasilkan model dengan luas landaan mencapai 1755567 m² dengan panjang landaan maksimal 7,3 km.

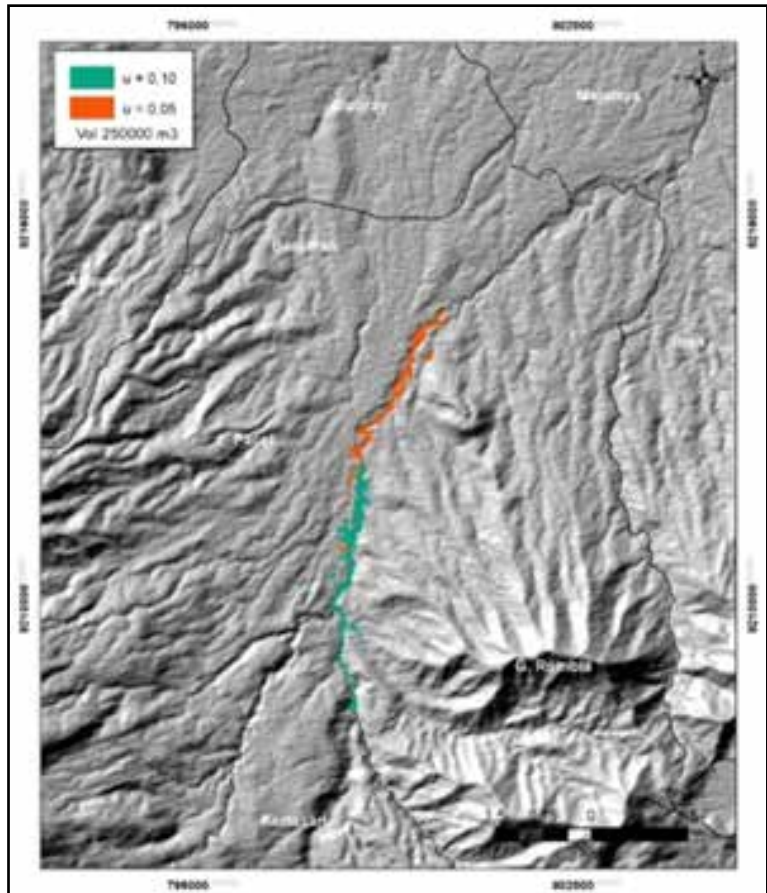


Gambar 7.6. Hasil Pemodelan RAMMS sungai Cigeureuh

Dari hasil pemodelan pada Sungai Cigeureuh (Gambar 7.6) menunjukkan bahwa dampak luapan banjir pada model banjir dengan asumsi sangat encer maupun lebih pekat ternyata tidak sampai hingga muara sungai. Hal ini dikarenakan area sedimentasi dari sungai ini berada tepat di lereng G. Puntang. Luapan banjir pada area sedimentasi akan melebar melebihi badan sungai berdasarkan pemodelan yang dihasilkan. Artinya, luapan banjir tersebut akan menggenangi pusat Kecamatan Cimaung serta Jalan Raya Pangalengan yang berada tepat di kaki G. Puntang. Namun, bila melihat karakter sungai dan kejadiannya maka banjir yang terjadi lebih ke *flash flood*. Sebab, walaupun lereng di bagian hulu tergolong curam dan sempit, kondisinya belum menunjukkan perubahan tata guna lahan sehingga laju erosi relatif kecil. Tata guna lahan yang masih alami berupa hutan juga membuat resapan air masih baik. Kondisi ini membuat skenario pada pemodelan ini hanya mungkin terjadi jika ada alih fungsi lahan di bagian hulu atau terjadi cuaca ekstrim dalam waktu lama.

7.2.7. Sungai Citarum

Sungai Citarum mengalir di bagian tenggara hingga bagian tengah Cekungan Bandung serta menjadi sungai utama dalam cekungan tersebut. Hulu dari sungai terpanjang di Jawa Barat ini berada di kaki Gunung Wayang, tepatnya di Situ Cisanti, Kec. Kertasari, Kab. Bandung. Di dalam cekungan, alirannya melewati Kec. Kertasari, Kec. Pacet, Kec. Majalaya, Kec. Ciparay, Kec. Bojongsoang, Kec. Baleendah, Kec. Dayeuhkolot, Kec. Katapang, Kec. Margahayu, Kec. Margaasih, Kec. Kutawaringin dan masuk dalam WadukSaguling di wilayah Kab. Bandung Barat. Situ Cisanti yang kini menjadi salah satu tujuan wisata populer di Kertasari, merupakan danau alami yang diberi bendung untuk saluran irigasi dan mengatur debitnya agar danau tidak surut saat kemarau. Dari Situ Cisanti hingga memasuki wilayah Majalaya, sungai ini mengalir pada batuan gunungapi dari G. Malabar, G. Kendang, G. Pangkalan, G. Guntur serta endapan rempah lepas gunungapi tua tak teruraikan (Alzwar, dkk., 1992). Dari Majalaya hingga Waduk Saguling, aliran Citarum mengalir di atas endapan Danau Bandung Purba. Di lapangan banyak dijumpai rombakan lava dan tuff berukuran pasir hingga bongkah di sekitar aliran sungainya.



Gambar 7.7.
Hasil Pemodelan
RAMMS sungai
Citarum

Titik inisiasi ditetapkan pada pertemuan Sungai Citarum dengan salah satu anak sungai yang berada di lereng terjal dan sempit. Model dibuat dengan asumsi aliran yang cukup encer, tidak terlalu pekat yang mungkin diakibatkan limpasan akibat curah hujan tinggi dalam intensitas sangat lama yang mampu menghasilkan volume asumsi 250000 m³. Hasil pemodelan Sungai Citarum, pada variasi nilai $\mu = 0,1$, dengan asumsi aliran encer, dihasilkan model dengan luas landaan mencapai 432837 m² dengan panjang landaan maksimal 4,8 km. Pada variasi nilai $\mu = 0,05$, dengan asumsi aliran sangat encer dihasilkan model dengan luas landaan mencapai 543789 m² dengan panjang landaan maksimal 7,8 km.

Dari hasil pemodelan (Gambar 7.7) di atas, area landaan banjir pada Sungai Citarum terbatas di sekitar aliran sungai, belum mencapai pusat keramaian di Majalaya bahkan dengan model sangat encer sekalipun. Lahan-lahan pertanian dan jembatan merupakan yang paling berpotensi terkena dampak luapan banjir. Area permukiman di Kertasari dan Pacet berada di lokasi yang lebih tinggi dari area landaannya sehingga relatif aman dari luapan banjir. Namun, memasuki Majalaya, lembah sungai mulai melandai dan permukiman pun lebih dekat terutama di pusat keramaiannya. Bila curah hujan tinggi terjadi selama berhari-hari dan diikuti dengan kenaikan debit sungai maka banjir dapat mencapai wilayah tersebut. Tata guna lahan di bagian hulu yang didominasi oleh lahan terbuka (pertanian dan permukiman) juga membuat air hujan tidak banyak terserap dan lahan menjadi mudah tererosi. Hal ini dapat membuat debit sungai mudah meluap dan dapat memicu terjadinya longsor dan aliran bahan rombakan.

7.3. MITIGASI BANJIR BANDANG

7.3.1. Potensi terdampak banjir bandang

Berdasarkan hasil pemodelan aliran bahan permukaan seperti yang telah dijelaskan sebelumnya pada subbab 7.2 dan dirangkum pada Tabel 7.1, maka informasi ini dapat menjadi acuan dasar dalam melakukan mitigasi banjir bandang. Dari tabel tersebut secara garis besar menunjukkan daerah berpotensi terdampak banjir di wilayah Cekungan Bandung umumnya berada pada daerah di sekitar aliran sungai serta pada daerah deposisi aliran/kipas alluvial yaitu diantaranya di wilayah Cimahi, Cimahi Utara, Bandung Utara (daerah Cidadap/Coblong), Arcamanik, Ujungberung, dan Cimaung.

Tabel 7.1. Rangkuman Daerah Potensi Terdampak Banjir Bandang berdasarkan Hasil Pemodelan RAMMS.

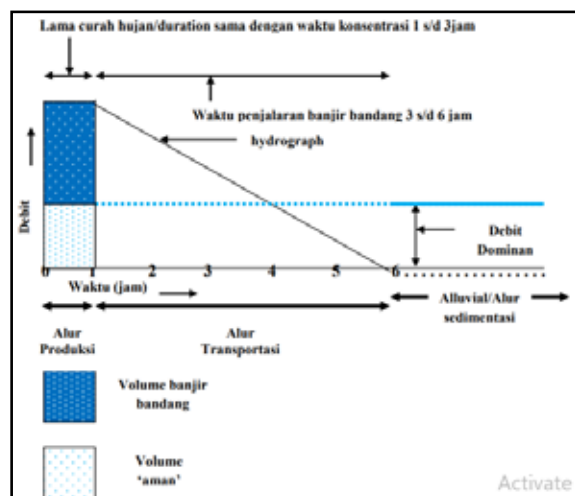
Sungai	μ	Luas Terdampak (M2)	Panjang Landaan (Km)	Daerah Terdampak
Cihideung	0,15	650049	4,35	Kota Cimahi, Parongpong, Cimahi Utara
	0,1	695796	5,3	
	0,05	1029342	6,3	

Cibeureum	0,15 0,1 0,05	668265 904245 1461627	4,84 6,09 7,8	Parongpong, Cimahi Utara
Cikampung	0,15 0,1 0,05	1007814 925497 780804	3,07 3,6 3,7	Cidadap, Coblong
Cipamujaan	0,15 0,1 0,05	1492953 1351434 Overestimate	3,07 3,6 Overestimate	Arcamatik, Mandalajati
Cipanjar	0,15 0,1 0,05	1156854 1522485 Overestimate	5,0 6,5 Overestimate	Ujungberung, Cilengkrang
Cisangkuy	0,1 0,05	384951 348243	6,0 7,5	
Cigeureuh	0,1 0,05	2063238 1755567	7,2 7,3	Cimaung
Citarum	0,1 0,05	432837 543789	4,8 7,8	Pacet, Kertasari

Beberapa hal untuk mengurangi ancaman bencana banjir bandang yang mungkin terjadi, diantaranya: 1) melakukan pencegahan dengan cara teknik sipil; 2) memperhatikan tanda-tanda akan terjadi banjir bandang; dan 3) peringatan dini bila terjadi banjir bandang, masing-masing dijelaskan berikut ini.

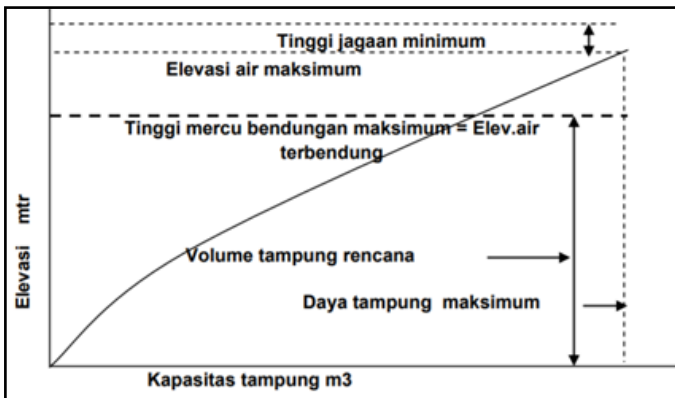
7.3.2. Pencegahan Cara Teknik Sipil

Unsur utama dari banjir bandang adalah debit air yang sangat besar terjadi secara tiba-tiba. Debit ini pada ruas produksi atau alur deras akan mampu mengangkut bersama alirannya sejumlah debris yang telah tersedia pada dasar alur atau yang digerusnya ketika mengalir. Kedua unsur tersebut akan menimbulkan bencana hebat pada daerah yang dilandanya. Untuk mengurangi ancaman dan akibat bencana tersebut beberapa tindakan dapat dilakukan, sebagai berikut:



Gambar 7.8. Sketsa terbentuknya banjir bandang (sumber: HR Mulyanto, drr, 2012)

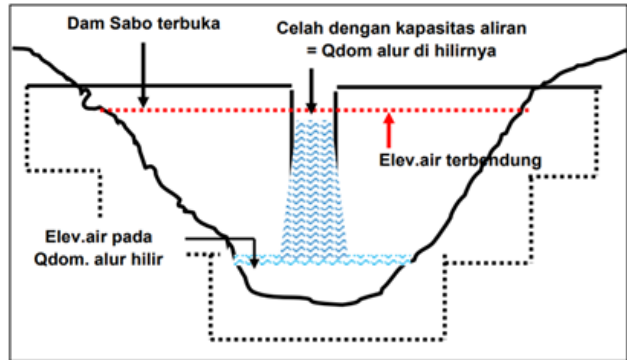
1. Meredam volume banjir bandang, dilakukan pencegahan dengan membuat sebuah waduk peredam banjir (*detention storage*) pada alur jeram dan kalau perlu pada alur jalin untuk membatasi debit yang mengalir ke bawah agar maksimum sebesar debit dominan alur aluvial hilirnya. Dasra pencegan tersebut mengacu pada Gambar 7.8, yang menggambarkan lonjakan debit oleh hujan ekstrim yang akan menimbulkan banjir bandang di hilir.
 - i. Hitung debit ekstrim (Q_{1th} , Q_{2th} ,..... Q_{100th}) dengan cara seperti dijelaskan pada sub bab tentang Prosedur Rational
 - ii. Check kapasitas aliran ($Q_{dominan}$) dari alur di hilir apex ruas jalin, untuk mengetahui bagian dari debit ekstrim rencana yang harus diredam .
 - iii. Hitung volume banjir bandang dari debit ekstrim yang harus diredam
 - iv. Dari gambar pengukuran profil ruas jeram dan ruas jalin dibuat perhitungan dan grafik hubungan elevasi dan kapasitas tampung alurnya agar dapat menentukan daya tampung dan ketinggian elevasinya yang terkait (gambar 7.9)



Gambar 7.9. Grafik elevasi versus kapasitas tampung, (sumber: HR Mulyanto, drr, 2012).

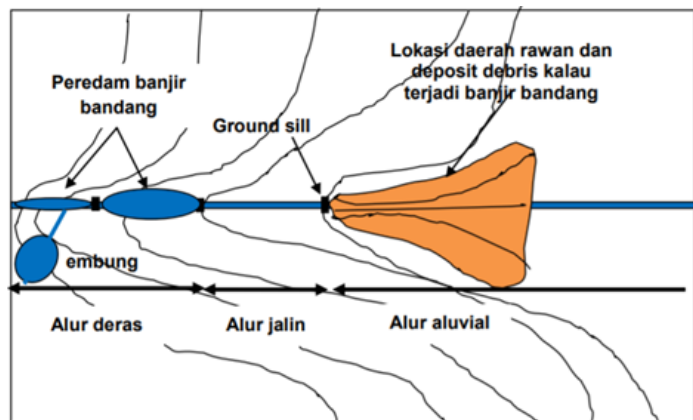
2. Membentuk sebuah waduk peredam banjir bandang, dilakukan dengan membuat sebuah bangunan sabo dengan spesifikasi :
 - i. Tipe bercelah (*slit sabo*) dengan celah tunggal atau celah ganda;
 - ii. Tipe gorong-gorong (*culvert sabo*), agar diperhatikan supaya luas penampang aliran masing-masing celah atau culvert harus ditentukan cukup besar agar (1) tidak mudah tersumbat dan (2) kecepatan aliran pada debit maksimum yang melewatinya lebih kecil atau tidak melebihi kecepatan kritis material pembuatannya agar tidak merusaknya;
 - iii. Ketinggian elevasi air terbendung (lihat Gambar 7.10) direncanakan agar menimbulkan tinggi tekanan sedemikian hingga debit celah sama dengan $Q_{dominan}$ alur hilir. Elevasi ini dapat disamakan dengan elevasi mercu bendung untuk menghemat konstruksi dan ketinggian tekanan;

Gambar 7.10. Bangunan pembatas debit banjir bandang dipandang dari hilir, (sumber: HR Mulyanto, drr, 2012).



- iv. Dalam menentukan elevasi mercu bangunan harus diperhatikan masih tersedianya jagaan apabila terjadi kenaikan air ke elevasi maksimum. Celah atau bukaan bangunan sabo ada kemungkinan dapat tersumbat sehingga air harus melimpas di atas mercu. Ketinggian limpasan direncanakan maksimum mencapai elevasi air maksimum pada $Q_{dominan}$;
 - v. Sasarannya volume rencana peredaman banjir maksimum dapat lebih kecil dari daya tampung maksimum yang tersedia sehingga diperlukan pembuatan lebih dari satu waduk peredam banjir dalam seri.
3. Pengembangan sistem peradam banjir pada arus deras dengan prinsip untuk mengurangi ancaman dan akibat bencana bandang. Dilakukan dengan beberapa tindakan, sebagai berikut:
- i. Menangkap dan menyimpan sementara sebagian volume banjir (*detention storage*) agar debit yang dilepas ke hilir maksimum sama dengan debit dominan alur hilir. Peredam banjir dapat dibuat sebuah atau beberapa dalam seri tergantung dari : a) besar volume atau frekuensi banjir yang harus diredam dan ditampung; b) besar volume tampungan yang tersedia yang tergantung kepada: i) kelandaian dan panjang dari alur deras; ii) ketinggian tebing di sepanjang alur deras; ii) untuk menambah daya tampung peredam

Gambar 7.11. Sketsa denah peredam banjir bandang, (sumber: HR Mulyanto, drr, 2012)



banjir pada alur jalin dapat dibuat peredam banjir jika memenuhi beberapa kondisi bagi pembuatannya khususnya memiliki tebing yang cukup tinggi.

- ii. Membuat embung(-embung) pada lokasi yang memungkinkan misalnya dengan memanfaatkan galur-galur erosi (*gullies*) sebagai penambah besar volume;
- iii. Mengurangi kecepatan aliran banjir bandang khususnya membuat aliran menjadi berjenjang (teras) pada alur transportasi air dengan memasang satu atau beberapa *ground sills* untuk mendatarkan kemiringan dasar. Tindakan ini akan mengurangi ancaman terjadinya aliran debris yang memicu banjir bandang.

7.3.3. Tanda-tanda akan terjadi banjir bandang

Tanda-tanda akan terjadinya banjir bandang dapat diamati melalui beberapa peristiwa yang pernah terjadi di beberapa daerah yang memiliki fenomena geomorfologi dan geologi yang hampir serupa seperti banjir bandang yang pernah terjadi di Cekungan Bandung, diantaranya terjadi di wilayah Cicaheum dan Ujungberung, karena mungkin akan terjadi pula di wilayah-wilayah sungai lainnya yang ada di Cekungan Bandung.

1. Secara geomorfologi dan geologi daerah-daerah demikian mempunyai gambaran yang dapat dipakai sebagai acuan, seperti:
 - a. Topografi permukaan lahan DAS yang sangat miring
 - b. Tutup vegetasi jarang
 - c. Lapisan permukaan sangat tererosi membuat lapisan tanah bawah yang kedap air tersingkap
 - d. Lapisan bawah permukaan (*sub surface*) DAS mempunyai permeabilitas rendah, dan mempunyai tingkat infiltrasi rendah sehingga runoff permukaan tinggi
 - e. Lapis permukaan lahan sangat lapuk. Keadaan ini menimbulkan runoff permukaan dan produksi sedimen (*sediment yield*) yang akan mengendap sebagai sedimen dasar pada alur pematas dan mungkin menyebabkan pembendungan alam.
 - f. Hujan lebat sering jatuh pada daerah-daerah ini untuk beberapa jam atau hujan yang tetap selama beberapa hari, menimbulkan kejenuhan tanah dan akhirnya menyebabkan banjir bandang
2. Tanda-tanda terjadinya gerakan massa tanah/longsoran adalah:
 - a. Guntur di kejauhan perlu mendapatkan perhatian karena menandai adanya hujan badai di hulu yang dapat mengirimkan runoff besar yang dapat menimbulkan banjir bandang sebagai bencana yang datang tanpa peringatan, khususnya pada daerah yang disebutkan pada nomor 1 di atas.
 - b. Meningkatnya kekeruhan air sungai di hilir secara mendadak, suara gemuruh dari aliran air dapat menjadi tanda adanya bendungan (alam) yang bobol atau

mendadak hanyutnya sumbatan debris pepohonan yang dapat menimbulkan banjir bandang dan aliran debris di hilir.

7.3.4. Peringatan dini bila terjadi banjir bandang

Setidaknya terdapat tiga jenis peringatan dini bila terjadinya banjir bandang di suatu wilayah, yaitu:

1. Peringatan berdasarkan kearifan lokal dalam menandai kapan akan terjadi banjir bandang pada suatu daerah seperti:
 - a. surutnya debit sungai di luar keadaan sehari-hari;
 - b. terjadi perubahan pada air sungai dari yang semula jernih menjadi keruh secara tiba-tiba;
 - c. terdapat banyak ranting pepohonan atau sampah yang mengalir di sungai; 4) di bagian hulu sungai terlihat langit yang berwarna gelap atau awan hitam.
2. Peringatan banjir bandang yang dikeluarkan oleh lembaga yang berwenang seperti informasi ramalan curah hujan lebat yang akan terjadi di daerah yang cenderung menimbulkan banjir bandang dan bila perlu perintah untuk dilakukan tindakan evakuasi dari daerah rendah atau perintah mengalihkan berkendara di daerah yang mengalami banjir bandang;
3. Peringatan untuk mewaspadaai bila berada di daerah yang terancam banjir bandang:
 - a. Waspada terhadap tanda-tanda turunnya hujan lebat mendadak.
 - b. Waspada terhadap tanda-tanda kenaikan muka air sungai yang sangat cepat.
 - c. Waspada untuk tidak menyeberang sungai bila terjadi tanda-tanda pada point b di atas.
 - d. Waspada terhadap kemungkinan bobolnya tanggul atau bendungan atau tercurahnya air yang terbendung secara tiba-tiba

BAB 8

UPAYA PENGENDALIAN BANJIR DI WILAYAH JATINANGOR DAN RANCAEKEK

Kontributor:

Rony Afrian, Edi Tarwedi, Denni Filanto,
dan Sapari Dwi Hadian

Cekungan Bandung wilayah timur terutama daerah Jatinangor, Rancaekek dan Cicalengka mengalami peningkatan pertumbuhan penduduk dan peningkatan alih fungsi lahan yang pesat (permukiman dan kawasan industri), serta permasalahan lingkungan terkait dengan bencana geologi yang mungkin terjadi di daerah Bandung Timur, yang disebabkan oleh perubahan kondisi alam dan geologis, akibat meningkatnya pembangunan serta aktivitas ekonomi di dalamnya seperti banjir, tanah longsor, gempa bumi, penurunan muka air tanah, dan pencemaran air tanah. Padahal, sejak zaman Belanda daerah Jatinangor dan sekitarnya tidak dirancang untuk menjadi daerah yang padat penduduk, dulu potensi bencana yang terjadi di daerah Jatinangor sangat rendah, namun belakangan beberapa tahun terakhir daerah Jatinangor, Rancaekek, dan sebagian Cicalengka sering dilanda bencana banjir, yang diakibatkan oleh faktor alami karena intensitas curah hujan yang tinggi, juga diakibatkan oleh faktor manusia yang kurang bersehabat dengan alam.

8.1. SEBARAN BANJIR

Bencana banjir adalah suatu peristiwa alam dimana terendamnya suatu daerah atau dataran yang terendam karena volume air yang naik, yang disebabkan oleh curah hujan yang tinggi, sampah yang menyumbat, penyempitan dan pendangkalan sungai akibat sedimentasi dan bangunan, kerusakan akibat alih fungsi lahan di daerah resapan sehingga meningkatkan laju runoff atau air larian, serta drainase yang buruk.

Menurut Rumina, (2006) dalam Gusti, (2017), faktor-faktor alami yang mendukung terjadinya banjir di Cekungan Bandung, diantaranya akibat hujan dan variabilitas unsur-unsur iklim di daerah Cekungan Bandung dipengaruhi oleh fenomena global sebagai konsekuensi dari adanya korelasi signifikan antara unsur-unsur iklim dengan beberapa fenomena global, serta Cekungan Bandung dilintasi oleh sungai terbesar dan terpanjang di Jawa Barat, yaitu Sungai Citarum, peranannya sangat besar sebagai pemasok air. Menurut Puslitbang SDA, 2011 curah hujan rata-rata di DAS Citarum sebesar 2.300 mm/tahun termasuk kategori tinggi (diatas normal), sehingga berpotensi menimbulkan banjir besar.

Beberapa tahun terakhir ini sering terjadi banjir di Cekungan Bandung wilayah timur yaitu didaerah Kecamatan Rancaekek Kabupaten Bandung dan Kecamatan Jatinangor Kabupaten Sumedang. Banjir yang terjadi di daerah ini selain dipengaruhi oleh curah hujan yang tinggi juga dipengaruhi oleh kondisi geologi, morfologi dan faktor antropogenik yaitu terjadinya perubahan penggunaan lahan hutan menjadi lahan pertanian dan permukiman di hulu Sungai Cikeruh yaitu di Gunung Manglayang dan Gunung Geulis. Berdasarkan aspek litologi, daerah hulu ini menjadi tiga kelompok utama yaitu: batuan produk gunungapi muda yang didominasi oleh batuan vulkaniklastik, produk muda lava gunung api yang didominasi oleh lava pembentuk Gunung Geulis, sehingga dapat dikategorikan sebagai daerah resapan air, hal ini Jatinangor terbagi. Sementara, di bagian hilirnya tersusun oleh batuan sedimen hasil endapan Danau Bandung (Kristyanto et al., 2015), sehingga wilayah hilir ini sebagian dapat dikategorikan sebagai daerah kedap sampai semi kedap air.

8.2. PENYEBAB BANJIR

Dari segi geomorfologi, daerah Jatinangor merupakan kawasan perbukitan vulkanik kuartar dengan kemiringan lereng landai hingga curam. Lembah yang berkembang di daerah ini memiliki tingkat kemiringan yang berbeda-beda tergantung pada sifat fisik batuan penyusun (Sophian et al., 2016) dan membentuk lembahan ini dilewati oleh aliran sungai dari arah Utara ke arah Selatan. Hal tersebut yang menjadikan wilayah ini diklasifikasikan menjadi kawasan yang terletak didaerah lereng. Interval kemiringan lereng yang ada di wilayah ini berkisar antara 5- 30%, tetapi didominasi oleh kemiringan 8-35%. Jika berdasarkan klasifikasi (Van Zuidam, 1985) kemiringan lereng di daerah Jatinangor bagian hulu didominasi oleh lereng agak curam. Kemiringan lereng curam, landai, dan terjal juga tersebar di beberapa wilayah.

Wilayah Jatinangor yang dijadikan sebagai kawasan pendidikan Jawa Barat, kini telah berdiri empat universitas besar di Jatinangor yang membuat daerah ini menjadi kawasan yang berkembang sangat pesat diberbagai aspek seperti lingkungan, infrastruktur, dan pertumbuhan penduduk. Namun, proses pembangunan infrastruktur tidak teratur dan aspek keamanan lahan tidak menjadi perhatian khusus sehingga erosi, longsor, sedimentasi terjadi secara masif menyebabkan beberapa sungai mengalami penyempitan dan pendangkalan. Perubahan lingkungan geologi inilah yang berdampak terhadap meluapnya Sungai Cikeruh dan menyebabkan banjir terutama desa-desa di Jatinagor dan Rancaekek yang berada disepanjang aliran Sungai Cikeruh, meliputi Desa Cikeruh, Desa Hegarmanah, Desa Sayang, Desa Mekargalih, Desa Cipacing Kecamatan Jatinangor dan Desa Rancaekek Kulon, Desa Rancaekek Wetan serta Desa Bojongloa Kecamatan Rancaekek.

Banjir juga sering terjadi di kawasan pabrik Kahatex Rancaekek yang menyebabkan akses jalan raya Bandung - Garut terganggu, yang disebabkan oleh meluapnya sungai apabila hujan deras, Sungai Cikijing dan Cimande yang mengapit ruas jalan tersebut sering melimpas dan mengakibatkan banjir, terlebih kawasan tersebut merupakan cekungan, dan penyebab lainnya adalah kondisi drainase jalan yang kurang memadai, tinggi genangan hingga 1 meter.

Beberapa faktor alami yang mendukung terjadinya banjir yaitu akibat hujan di Cekungan Bandung menurut Rumina (2006) dalam Gusti, (2017) adalah variabilitas unsur-unsur iklim di daerah Cekungan Bandung dipengaruhi oleh fenomena global sebagai konsekuensi dari adanya korelasi signifikan antara unsur-unsur iklim dengan beberapa fenomena global, serta Cekungan Bandung dilintasi oleh sungai terbesar dan terpanjang di Jawa Barat, yaitu Sungai Citarum, peranannya sangat besar sebagai pemasok air. Menurut Puslitbang SDA, 2011 curah hujan rata-rata di DAS Citarum sebesar 2.300 mm/tahun termasuk kategori tinggi (diatas normal), sehingga berpotensi menimbulkan banjir besar.

Berdasarkan hasil pengamatan, ada sejumlah persoalan sering terjadinya banjir di Jatinangor saat hujan tiba adalah akibat adanya alih fungsi lahan di Kawasan Gunung Geulis, sebelah timur Jatinangor secara masif dimana dahulunya kawasan hutan menjadi permukiman, serta adanya alih fungsi lahan sawah menjadi lahan permukiman, dimana sawah yang tadinya bisa memperlambat laju *runoff* / aliran permukaan yang berupa terasering-terasering, namun sekarang air hujan menjadi air permukaan dan tidak tertahan langsung masuk ke sungai-sungai. Selain alih fungsi lahan di daerah Gunung Geulis, hasil pengamatan lapangan di hulu Sungai Cikeruh yang berupa hutan di sekitar Gunung Manglayang juga telah mengalami alih fungsi lahan secara masif menjadi kawasan permukiman dan lahan yang terbuka, sehingga jika pada musim hujan, air yang tadinya meresap atau tertahan dalam tanah, sekarang menjadi runoff atau aliran permukaan, yang mengakibatkan volume air yang masuk ke dalam sungai akan semakin besar dan mengakibatkan sungai meluap dibagian hilirnya dan terjadi banjir di wilayah hilir seperti yang terjadi di wilayah Rancaekek.

Hutan selain berfungsi sebagai penutup tanah juga mempunyai peranan yang baik terhadap tata air dan sedimen suatu daerah aliran sungai, dimana air hujan

yang banyak turun pada musim hujan akan tertampung dan tersimpan dalam tanah sehingga bahaya erosi atau banjir menjadi berkurang (Soewarno, 1988). Pada musim kemarau air tanah merupakan cadangan sehingga resiko akan kekurangan air menjadi kecil.



Gambar 8.1. Morfologi perbukitan dengan penggunaan lahan sawah pada lereng Gunung Manglayang di daerah Lebak Maja, Kecamatan Jatinangor, dan dilatari oleh Gunung Geulis dibagian timurnya.



Gambar 8.2. Kenampakan alih fungsi lahan hutan bambu menjadi daerah terbuka yang meningkatkan runoff/air larian di daerah Gunung Manglayang.



Gambar 8.3. Kenampakan perubahan penggunaan lahan pada 2010 (kiri) dan 2021 (kanan) di Daerah Gunung Manglayang (Sumber: Google).



Gambar 8.4. Kenampakan perubahan penggunaan lahan pada 2010 (kiri) dan 2021 (kanan) di daerah Gunung Geulis.

Selain alih fungsi lahan, kondisi sungai juga telah mengalami pendangkalan karena sedimentasi dan menyempitnya sungai-sungai akibat pembangunan di bantaran sungai, dan juga sistem drainase yang ada di daerah ini tidak memadai untuk menampung air yang masuk dalam sungai. Hal lain penyebab banjir adalah masih banyaknya masyarakat yang kesadaran buang sampahnya masih rendah, masih banyak yang buang sampah sembarangan, khususnya langsung ke badan sungai.



Gambar 8.5. Sungai Cikeruh yang mengalami penyempitan dan pendangkalan akibat sedimentasi sehingga memperkecil volume air yang mengalir di Daerah Bojong Jati, Rancaekek Kulon.



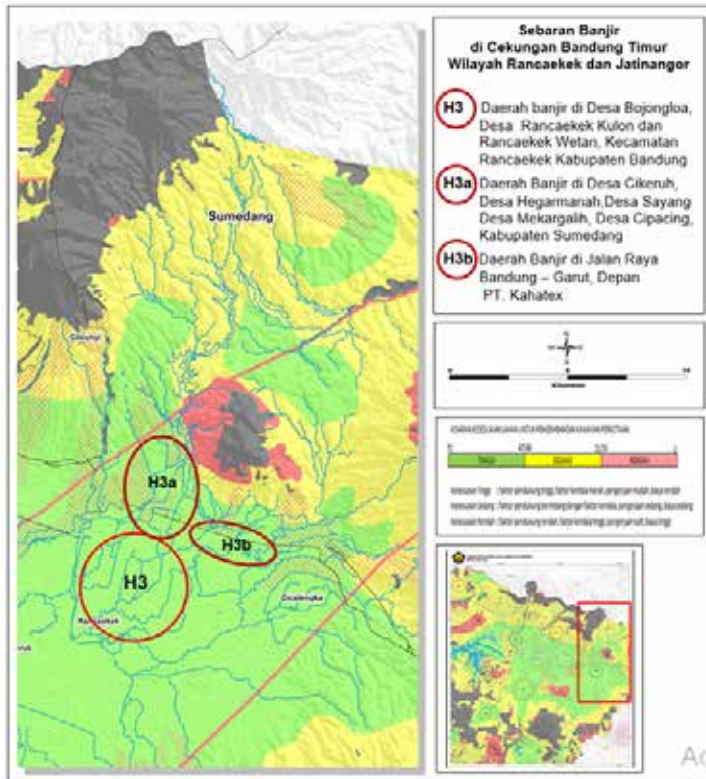
Gambar 8.6. Bekas banjir yang menggenangi daerah Bojong Jati, Rancaekek Kulon hampir setinggi 1 meter, akibat meluapnya Sungai Cikeruh (maret 2010).



Gambar 8.7. Pembuatan tanggul-tanggul sementara dan drainase di daerah Kahatex untuk meminimalisir luapan Sungai Cikijing, namun banjir yang kerap terjadi dikarenakan jumlah air dari hulu sangat banyak tidak bisa tertampung oleh sungai-sungai sehingga meluap dan mengakibatkan banjir di jalan raya Bandung - Garut

8.3. STATUS BANJIR PADA PETA GEOLOGI LINGKUNGAN

Berdasarkan hasil kajian geologi lingkungan tahun 2019 oleh Badan Geologi daerah Jatinangor dan Rancaekek (bulat merah H3, Gambar 8.8) berada pada daerah kesesuaian lahan tinggi dimana daya dukung lahan aspek geologi seperti ketersediaan air tanah umumnya tinggi sampai sedang dengan kuantitas dan kualitas air baik, kemiringan lereng datar, serta jenis batuan untuk daya dukung pondasi bangunan cukup sedang hingga rendah. Namun isu dan permasalahan yang ada pada daerah ini adalah banjir tahunan setiap musim penghujan akibat meluapnya Sungai Cikeruh, Sungai Cikijing, dan Sungai Cimande, serta Sungai Citarik, dilihat dari peta Geologi Lingkungan hulu Sungai Cikeruh berada di daerah Gunung Manglayang dan Gunung Geulis berada pada kesesuaian lahan rendah dan tidak layak untuk permukiman karena berada pada daerah dengan faktor pendukung rendah dan faktor kendala yang tinggi, dan sebagian kawasan sebagai hutan lindung dan daerah resapan air.



Gambar 8.8. Peta Kesesuaian Lahan Cekungan Bandung dan daerah terdampak banjir di wilayah Bandung Timur.

Hasil pengamatan dilapangan daerah yang berada pada kesesuaian lahan rendah dan tidak layak tersebut ternyata telah banyak beralih fungsi lahan menjadi daerah permukiman, kedepannya dikhawatirkan akan terjadi dampak buruk terhadap lingkungan seperti meningkatkan resiko lebih tinggi pada daerah dengan berpotensi gerakan tanah, dan mengakibatkan banjir di hilir yaitu pada daerah dataran rendah. Selain itu, menurut M. Nursiyam Barkah, dr., (2015) kondisi air tanah di kawasan kampus Unpad Jatiningor dan sekitarnya pada tahun 2015 mengindikasikan terjadinya penurunan muka air tanah jika di bandingkan dengan kondisi pada tahun 2010. Terlebih, pada kaki Gunung Manglayang (area selatan dari kawasan kampus Unpad Jatiningor) telah terjadi perubahan aliran air tanah yang sangat signifikan dan membentuk area depresi airtanah. Sedangkan sumber air yang dimanfaatkan oleh masyarakat di sekitar kampus UNPAD, daerah resapannya berada pada lereng Gunung Manglayang yaitu pada elevasi 1469-1496 mdpl, elevasi 1300-1343 mdpl, dan elevasi 1063-350 mdpl. Menurut Moh. Sapari Dwi Hadian (2015), faktor yang mengontrol aliran airtanah di wilayah Jatiningor bagian hulu di kontrol oleh topografi yang berrelief kasar sampai sedang yang merupakan kawasan proximal-distal di tandai oleh karakteristik fasies air Ca-HCO_3 ; MgHCO_3 dengan arah aliran relatif Utara-Selatan dan Barat laut-Tenggara, airtanah akan mengalir ke arah elevasi tinggi yang lebih rendah. Pada kondisi Airtanah bebas (airtanah tak tertekan).

8.4. MITIGASI BENCANA BANJIR

Dengan kondisi banjir dan penurunan muka airtanah di wilayah Jatinangor dan Rancaekek, maka sepantasnya, mitigasi banjir dan penurunan muka air tanah perlu segera dilakukan melalui pengelolaan lingkungan dan kegiatan teknis pengendalian banjir yang melibatkan semua komponen masyarakat, karena tanpa itu semua akan sulit mengendalikan banjir yang terus meningkat dari waktu ke waktu.

8.4.1. Pengelolaan Lingkungan Zona banjir

Beberapa hal yang perlu dilakukan dalam melakukan pengelolaan lingkungan di wilayah rawan banjir, sebagai berikut:

- Masyarakat perlu mengetahui kondisi tempat tinggal mereka berada pada daerah rawan bencana di sepanjang aliran Sungai Cikeruh, Sungai Cikijing, Sungai Cimande dan Sungai Citarik. Dengan tidak membangun di daerah sempadan sungai meliputi ruang di kiri dan dikanan sungai seperti dalam PP 38 tahun 2011 tentang sungai, didefinisikan sungai sebagai alur atau wadah air alami dan buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan, paling sedikit berjarak 10 m (sepuluh meter) dari tepi kiri kanan pada sungai tidak bertanggung di dalam perkotaan dan sempadan sungai paling sedikit 3 m (tiga meter) dari tepi sungai bertanggung.
- Pemanfaatan sumber daya airtanah oleh masyarakat kampus UNPAD dan masyarakat umum di sekitar kampus harus di kelola dengan baik untuk keberlanjutan ketersediaan air tanah di daerah tersebut. Keberlanjutan ketersediaan air dapat diupayakan dengan rekayasa hidrogeologi, salah satu caranya adalah membuat sumur-sumur imbuhan pada zona atau daerah resapan bagi sumber air tanah yang dimanfaatkan.
- Meminimalisir potensi bencana dengan cara memperbaiki tata guna lahan dengan cara Pengendalian pemanfaatan ruang di daerah hulu sesuai dengan RTRW, melakukan rehabilitasi hutan dan lahan pada daerah kritis. Permasalahan utama cekungan bandung adalah pemanfaatan ruang yang banyak ketidaksesuaian dengan rencana tata ruang, Pemanfaatan ruang yang tidak sesuai dengan daya dukung lingkungannya dapat menimbulkan kerusakan kawasan, terutama kawasan yang secara ekologis sangat rentan keberadaannya seperti daerah resapan air, rawan erosi, atau pun kawasan hutan lindung, sementara pertumbuhan penduduk dan ekonomi setiap tahun meningkat. Kondisi ini menuntut adanya pengembangan wilayah pada lahan yang terbatas dengan cara pengendalian pemanfaatan ruang di daerah hulu dengan memperhatikan informasi dan data aspek geologi lingkungan, sehingga perencanaan ruang dapat menghasilkan pola dan struktur ruang sesuai dengan daya dukung dan kendala lingkungannya.
- Pada daerah-daerah yang akan terbangun di daerah resapan sebaiknya memperhitungkan KDB (koefisien dasar bangunan) yang diizinkan, untuk menjaga keseimbangan antara jumlah lahan terbangun dan jumlah ruang area

terbuka hijau sebagai daerah resapan. Hasil kajian geologi lingkungan tahun 2012 (Dikdik Riyadi) Pembatasan perkembangan wilayah terbangun (permukiman) perlu dilakukan, dari kajian lingkungan fisik ber aspek geologi menunjukkan bahwa Koefisien Wilayah Terbangun (KWT) untuk zonasi potensi resapan tinggi maksimum 15% dari luas lahan, zonasi potensi resapan sedang antara 15% sampai 30% dan zonasi potensi resapan rendah bisa lebih dari 30%. Pembatasan KWT ini harus disertai pula dengan rekayasa teknik pemulihan neraca air (tatanan air tanah), yaitu dengan pembuatan sumur resapan, kolam resapan, atau gabungan keduanya dan disertai dengan penghijauan lingkungan di sekitarnya.

- Penegakan hukum pada penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan RTRW Kabupaten Sumedang tahun 2011-2031, maupun RTRW Provinsi Jawa Barat Tahun 2009-2029 dan PP 45 tahun 2018 tentang tata ruang kawasan perkotaan Cekungan Bandung yang merupakan sebagai Kawasan Strategis Nasional. Dari sisi birokrasi permasalahan banjir di daerah Bandung Timur menjadi tanggung jawab 2 (dua) pemerintah daerah yaitu Kabupaten Bandung dan Kabupaten Sumedang serta Pemerintah Provinsi Jawa Barat.
- Selain pemerintah daerah kabupaten, kota dan provinsi, pusat dalam hal ini Badan Geologi mempunyai peranan penting dalam menginformasikan perkembangan Kawasan Cekungan Bandung melalui optimalisasi pemanfaatan ruang sesuai dengan daya dukung dan daya tampung lingkungan berdasarkan aspek geologi tata lingkungan dan mengendalikan Kawasan Cekungan Bandung di daerah kawasan rawan bencana tanah longsor, banjir, letusan gunungapi, gempabumi dan gerakan tanah, serta pengendalian pada daerah resapan air tanah.

8.4.2. Kegiatan Teknis Pengendalian Banjir

Secara teknis kegiatan penanggulangan banjir dan penurunan muka air tanah di wilayah Bandung Timur adalah:

- a. Melindungi daerah resapan air dengan cara merekayasa lahan-lahan yang mengalami peningkatan erosi, dari erosi rendah menjadi erosi tinggi bahkan kritis dan banyaknya tanah longsor akibat curah hujan tinggi dan lapisan tanah residu yang tebal dengan tingkat kemiringan lereng yang terjal. Rekayasa yang perlu dilakukan, diantaranya dengan dengan cara terasering dan menanam pepohonan pada lahan kosong yang memiliki kemampuan mengurangi runoff dan mengembalikan tingkat kekritisian erosi menjadi normal sehingga sedimentasi pun kembali normal.
- b. Pengerukan dan normalisasi aliran sungai untuk mengurangi pendangkalan, dan mempertinggi tanggul sungai untuk meningkatkan kapasitas sungai, pembuatan kanal banjir dan meninggikan jembatan yang rendah sehingga tidak menghambat laju air bila terjadi banjir, meliputi Sungai Cimande, Sungai Cikuruh, Sungai Cikijing dan Sungai Citarik. Kini, kegiatan normalisasi aliran sungai untuk mengurangi pendangkalan sedang dilakukan oleh Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Citarum.

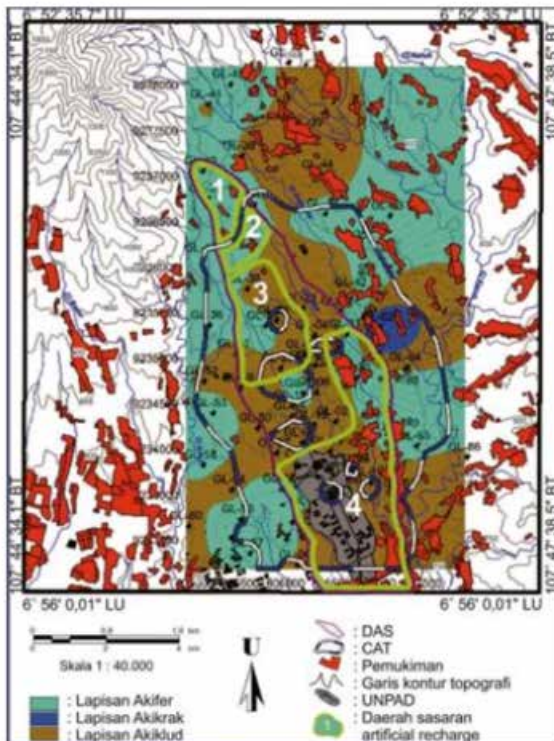
- c. Memperbanyak teknologi pengendalian air larian (*runoff*) seperti sumur resapan, biopori, folder-folder air atau kolam retensi pada wilayah-wilayah yang sesuai dengan kondisi geologi lingkungan.
- Manfaat sumur resapan air adalah berfungsi meredam ancaman banjir akibat curah hujan. Pekerjaan membuat sumur resapan air dapat dilakukan masyarakat yang bermukim di sepanjang sungai bekerja sama dengan pemerintah setempat dan perguruan tinggi yang ada di wilayah Jatinagor. Bentuk dan jenis bangunan sumur resapan dapat berupa bangunan yang dibuat segi empat atau silinder dengan kedalaman tertentu hingga dasar sumur terletak di atas permukaan air tanah. Dasar sumur biasanya di isi batu belah injuk atau kosong. Harapan pembuatan sumur resapan air tersebut berjalan efektif dalam mengurangi air larian (*runoff*) ke badan sungai pada saat hujan berlangsung.
 - Lubang Resapan Biopori menurut Peraturan Menteri Kehutanan Nomor: P.70/ Menhut-II/ 2008/ Tentang Pedoman Teknis Rehabilitasi Hutan dan Lahan, adalah lubang-lubang di dalam tanah yang terbentuk akibat berbagai aktivitas organisme di dalamnya, seperti cacing, perakaran tanaman, rayap, dan fauna tanah lainnya. Lubang-lubang yang terbentuk akan terisi udara dan akan menjadi tempat berlalunya air di dalam tanah. Teknologi lubang resapan biopori memiliki manfaat yang sangat banyak namun secara garis besar, diantaranya adalah mengurangi genangan atau banjir; menambah cadangan air tanah; meningkatkan kualitas air; mengurangi volume sampah organik; dan menyuburkan tanaman. Pembuatan lubang biopori ini dapat dilakukan semua komponen masyarakat termasuk perguruan tinggi yang ada di wilayah Jatinagor yang dikoordinir oleh pemerintah setempat.
 - Membuat folder-folder air atau kolam retensi yang bisa memperlambat dan menampung sementara air limpasan air hujan sebelum dialirkan ke badan sungai utama. Konsep dasar dari kolam retensi adalah menampung volume air ketika debit maksimum di sungai datang, kemudian secara perlahan-lahan mengalirkan ketika debit sungai sudah kembali normal. Untuk merencanakan pembangunan kolam retensi diperlukan analisis hidrologi untuk menentukan besarnya debit banjir yang akan berpengaruh terhadap besarnya debit maksimum dan analisis geologi teknik untuk mengetahui kestabilan konstruksi yang akan dibangun. Wilayah yang digunakan untuk pembuatan kolam retensi atau folder-folder air biasanya di daerah yang rendah, dengan perencanaan dan pelaksanaan tata guna lahan yang baik. Selain fungsi utama sebagai pengendali banjir, manfaat lain yang bisa diperoleh dari kolam retensi adalah sebagai tempat wisata air dan sebagai konservasi air karena mampu meningkatkan cadangan air tanah setempat.
 - Kinerja Sumur Resapan Air dan Lubang Resapan Biopori (LRB) akan berfungsi dengan baik jika pembangunannya di suatu kawasan yang memenuhi persyaratan, yaitu: tanah harus mudah meloloskan air; dibangun tidak melebihi kedalaman permukaan air tanah (*water table*). Maka dalam metode ini perlu dilakukan penentuan lokasi kawasan yang memiliki persyaratan

tersebut dengan melihat jenis tanah, curah hujan, serta kepadatan bangunan di wilayah Jatinangor dan Rancaekek.

8.4.3. Peran Perguruan Tinggi

Peran perguruan tinggi seperti UNPAD dan ITB, selain ikut melaksanakan pengendalian di lahan yang dikelola, juga dapat mengembangkan berbagai teknologi mitigasi banjir, baik dalam pembuatan sumur resapan, lubang biopori, dan kolam retensi, sesuai dengan kondisi wilayah Jatinangor dan Rancaekek. Unsur penting lainnya dalam mitigasi banjir adalah organisasi pengelola, tata kelola sistem berbasis partisipasi masyarakat yang demokratis dan mandiri, serta infrastruktur tata air yang dirancang, dioperasikan dan dipelihara oleh masyarakat. Sedangkan pemerintah hanya bertanggung jawab terhadap pengintegrasian sistem-sistem pengendalian banjir, pembangunan, pengoperasian dan pemeliharaan sungai-sungai utama. Hal tersebut merupakan penerapan prinsip pembagian tanggung jawab dan koordinasi dalam *good governance*.

Dalam hal ini, peran perguruan tinggi seperti UNPAD telah melakukan penelitian yang berkaitan dengan daerah resapan dan desain *artificial recharge* di wilayah Jatinangor, yang dilakukan oleh Ahmad Egi Pratama Hanif, drr., (2015). Hasil penelitiannya menunjukkan wilayah Jatinangor memiliki empat daerah sasaran *artificial recharge* seperti terlihat pada Gambar 8.9. Masing-masing daerah memiliki karakteristik tersendiri, sehingga metode *artificial recharge* yang sesuai juga berbeda.



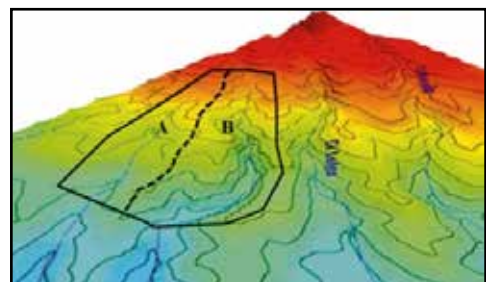
Gambar 8.9. Daerah-daerah sasaran artificial recharge (sumber: Ahmad Egi Pratama Hanif, drr., 2015)

- Daerah 1: metode *artificial recharge* yang disarankan bisa berupa metode vegetatif terutama untuk lahan yang masih jarang tanamannya, atau bisa juga menggunakan metode biopori. Pada daerah ini tidak disarankan untuk menggunakan sumur *artificial* yang dalam karena mulai dari kedalaman 25 m terdapat batuan *impermeable* yang bersifat sebagai penghalang aliran air tanah, yang menyebabkan aliran air tanah cenderung berbelok ke arah timur. Namun, studi lebih detail bisa dilakukan bila tetap ingin menggunakan sumur resapan dalam.
- Daerah 2: metode yang disarankan adalah metode sumur resapan dangkal (terutama untuk daerah pemukiman) atau sumur resapan dalam, cekungan/kolam resapan, biopori, atau parit resapan (pada jalur aliran sungai *intermittent*).
- Daerah 3: metode *artificial recharge* yang disarankan adalah parit resapan, bendungan kecil, kolan/cekungan resapan.
- Daerah 4: untuk daerah ini tidak disarankan untuk menggunakan metode biopori karena tanah/batuan yang tersingkap di permukaan bersifat plastis sehingga bila menyerap air akan berkurang daya dukungnya dan bisa menyebabkan kerusakan infrastruktur atau bangunan. Metode *artificial recharge* yang disarankan berupa sumur resapan dangkal, karena dengan metode ini air akan langsung meresap ke dalam akuifer tanpa harus meresap ke lapisan batuan di permukaan yang bersifat plastis tadi.

Selanjutnya, Ahmad Egi Pratama Hanif, drr., (2015) mengatakan bahwa daerah 3 yang memiliki Fault and Fracture Density (FFD) dan laju infiltrasi merupakan daerah yang paling potensial untuk *artificial recharge* karena memiliki kekar-kekar yang berpotensi menaikkan porositas batuan (sehingga lebih baik untuk infiltrasi) dan juga memiliki laju infiltrasi paling tinggi. Daerah yang berpotensi ini tepatnya terletak pada elevasi 800 hingga 900 meter diatas permukaan air laut. Pengamatan lebih lanjut untuk daerah ini diperlukan sebelum melakukan perancangan atau pemilihan metode *artificial recharge* yang paling sesuai. Salah satu hal yang harus diperhatikan adalah keadaan topografi daerah sasaran tersebut. Pengolahan data sekunder dan survei lapangan telah dilakukan untuk mengetahui kondisi daerah Jatinangor.

Bila dilihat dari sudut pandang fungsional dan kepraktisan, maka bendungan kecil atau *spillway structure* paling sesuai untuk daerah sasaran, yaitu khususnya untuk daerah B (Gambar 8.10). Keputusan ini mempertimbangkan beberapa hal, sebagai berikut:

Gambar 8.10. Model 3 dimensi topografi Daerah 3, (Sumber: Ahmad Egi Pratama Hanif, drr., 2015)



- Pertama kondisi topografi yang mendukung yaitu lereng curam, lembah sempit dan memanjang, ditambah lagi sudah terdapat parit alami yang cukup dalam (0,5-2 m).
- Kedua sumber air untuk *artificial recharge*. Di daerah sasaran tidak terdapat aliran air permukaan (sungai) yang konstan, sehingga sumber utama air yang mungkin dimanfaatkan adalah air hujan yang nantinya menjadi runoff atau aliran sungai intermittent.
- Ketiga dari segi kemudahan, pembuatan bendungan kecil sederhana sudah bisa menangkap dan menahan aliran sungai intermittent yang terjadi pada musim hujan. Aliran yang tertahan ini akan meresap sedikit demi sedikit ke dalam akuifer. Selain itu, konstruksinya sederhana dan mudah serta tidak memerlukan biaya yang besar. Dilihat dari sisi efektifitas, parit infiltrasi memiliki keunggulan di banding kolam infiltrasi. Pada kolam infiltrasi air hanya menginfiltrasi dasar kolam saja. Pada parit infiltrasi, air tidak hanya menginfiltrasi dasar kolam saja tetapi juga dinding kanan dan kiri parit itu sendiri. Sehingga meski areanya lebih sempit tetapi bisa lebih efektif.

Desain untuk parit infiltrasi pun dibuat disesuaikan dengan kondisi lapangan. Model yang dibuat adalah bentuk bendungan kecil atau folder-folder yang membendung parit-parit alami yang ada di daerah sasaran. Bendungan ini juga dilengkapi dengan *spillway structure* bila terjadi *overload* maka air akan melimpas dari bagian ini dengan lancar sehingga tidak merusak bendungan atau dinding parit. Tinggi bendungan dibuat rata-rata 1,5 meter dan lebarnya sekitar 0,6-1,5 meter. Tinggi dan lebar bendungan ini dibuat sesuai ukuran parit alami di lapangan

Untuk mengetahui jumlah air yang bisa diresapkan oleh struktur ini, maka kapasitas dan efektifitas dari struktur ini diperkirakan menggunakan data yang ada. Berdasarkan perhitungan matematis sederhana, kapasitas bendungan kecil ini adalah 525 m³, dengan intensitas hujan maksimum yang dapat ditampung efektif sebesar 59,44 mm/jam. Penambahan volume air resapan oleh struktur ini mencapai 65.000 m³ pertahunnya atau sekitar seperempat konsumsi air UNPAD tiap tahunnya. Perhitungan ini didasarkan pada daerah sasaran no 3 B, dengan panjang sekitar 350 meter dan luas 209.800 meter persegi. Total bendungan yang dibuat yaitu, sekitar 10 buah atau lebih dengan jarak antar bendungan sekitar 35 meter. Desain lebih mendetail diperlukan pengamatan lapangan lebih rinci serta data geoteknik yang mencukupi. Perlu diperhatikan bahwa terdapat beberapa metode *artificial recharge* lain selain bendungan untuk menangkap aliran *intermittent*, antara lain metode vegetasi, biopori, sumur resapan, kolam resapan, dll. Studi ini merupakan studi awal dari desain *artificial recharge*, bila desain ini akan diimplementasikan, maka perlu studi lebih lanjut terlebih dahulu terutama studi geoteknik untuk mengetahui pengaruh *artificial recharge* terhadap daya dukung lahan dan kestabilan tanah atau lereng.

BAB 9

WALINI BANDUNG BARAT KANDIDAT IBUKOTA JAWA BARAT

Kontributor:

Selasan Gussyak, Endrik Susanto,
Tantan Hidayat, Munib Ikhwatun Iman,
dan Taufiq Wira Buana

Walini yang berada di Kecamatan Cikalong Wetan dan berada di antara Desa Mandalasari, sebagian Desa Kanangasari, Kabupaten Bandung Barat akan dikembangkan sebagai kawasan perkotaan yang ditujukan sebagai pendukung daerah *Transit Oriented Development* (TOD) proyek kereta api cepat Jakarta-Bandung. Wacana lebih jauh, kawasan Walini ini menjadi pilihan sebagai ibukota Jawa Barat yang baru. Pemindahan ini bertujuan untuk mengintegrasikan kantor-kantor dinas di lingkungan pemerintahan Provinsi Jawa Barat yang selama ini terpisah-pisah. Luas Walini dua kali lebih besar dari Kota Cimahi. Dari 10 ribu hektare lahan Kota Raya Walini itu, 3 ribu hektare merupakan tanah perkebunan teh PTPN VIII, sisanya 7 ribu hektare akan dibebaskan oleh Proivinsi Jawa Barat. Rencananya sebagai pintu masuk adalah kebun Panglejar milik PTPN VIII yang berada di Jalan Raya Padalarang-Purwakarta. Secara morfologi lahan Walini berupa perbukitan bergelombang dan pedataran bergelombang halus, sedangkan penggunaan lahan eksisting didominasi perkebunan teh yang sudah tidak produktif dan secara morfologi berada pada lahan. Nama Walini diambil dari merek dagang, Teh Walini. Teh tersebut diperkenalkan di Jawa Barat sejak tahun 2003 dan memenuhi standar *Sustainable Agriculture* (*Rainforest Alliance* dan *UTZ Certificate*) yaitu sertifikasi standar pertanian organik internasional. Merek dagang ini diambil dari nama geografi Rancawalini, tempat perkebunan teh yang berada di Ciwidey. Kedepan, Kawasan Walini akan menjadi penopang bagi kawasan industri di Jawa Barat, yang mencapai 60 persen dari industri nasional.

9.1. RUANG LINGKUP WILAYAH

Nama Walini semakin di kenal masyarakat, yang semula sebagai nama sebuah “Perkebunan Teh”, kini menjadi nama calon ibukota provinsi Jawa Barat. Perkebunan Teh Walini ini pun punya sejarah panjang, mulai dari era Belanda, Jepang hingga sekarang. Belanda lah yang pertama kali memperkenalkan “Komoditas Teh” pada masyarakat Indonesia dan di Jawa Barat awal mula penanamannya yang di mulai dari Bogor hingga Garut. Awalnya biji tanaman teh di Indonesia dibawa dari Jepang. Kemudian atas keberhasilan di Jawabar, Gubernur kolonial Belanda mewajibkan penanaman teh di seluruh Nusantara. Tanaman teh pun akhirnya berkembang pesat, bahkan bisa dinikmati masyarakat Belanda dan Eropa sejak resmi diekspor pada 1835.

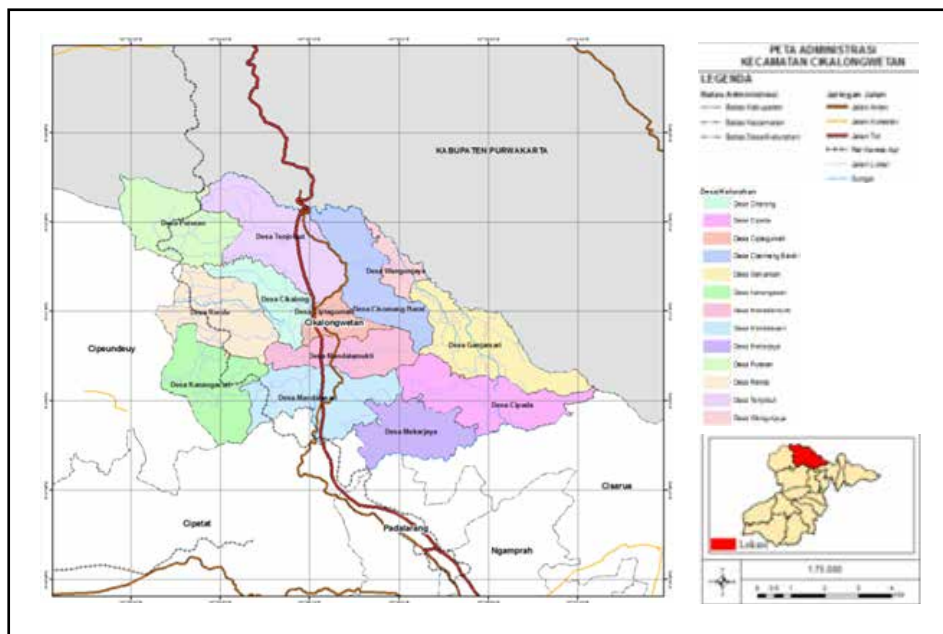
Perkembangan industri teh tak terlepas dari peran K.A.R Bosscha. Dialah yang berhasil mengembangkan dua pabrik teh besar di Indonesia, tepatnya di Malabar, Jawa Barat. Dia bahkan mampu mengirimkan hasil produksinya ke luar negeri. Berkat Karel Albert Rudolf (K.A.R.) Boscha inilah bangsa Eropa mengenal produk teh Indonesia sebagai teh unggulan. Ia pun dikenal sebagai raja teh Priangan. Nama Bosscha pun disematkan sebagai nama Observatorium yaitu *Bosscha Sterrenwacht* yang kemudian berubah nama menjadi Observatorium Bosscha. Hal ini disebabkan Bosscha bersedia menjadi penyanggah dana utama dan berjanji akan memberikan bantuan pembelian teropong bintang. Observatorium ini dibangun oleh *Nederlandsch-Indische Sterrenkundige Vereniging* (NISV) atau Perhimpunan Astronomi Hindia Belanda.

Dalam ruang lingkup Kecamatan Cikalongwetan, didalamnya terdapat dua lokasi komoditi yang menjadi calon lokasi Pusat Pemerintahan Terpadu Provinsi Jawa Barat yang dikelompokkan menjadi dua, yaitu Afdeling Maswati dan Afdeli Panglejar. Afdeling Maswati terletak di Desa Kanangsari, Desa Mandalamukti, dan Desa Mandalasari. Sedangkan Afdeling Panglejar terletak di Desa Cisomang Barat. Kedua afdeling tersebut lebih di kenal masyarakat dengan sebutan Perkebunan Teh Walini. Nama inilah yang kemudian menjadi nama populer sebagai calon ibukota baru Provinsi Jawabar. Namun, lingkup wilayah calon Kotabaru Walini tidak mencakup seluruh wilayah perkebunan Teh tersebut, hanya sebagian kecil saja, yaitu sekitar 25% dari luas wilayah perkebunan teh yang berada di wilayah Cikalongwetan, Bandung Barat.

Setelah masa penjajahan Belanda, Pemerintah Indonesia mengambil alih semua perusahaan perkebunan teh di seluruh Nusantara. Pemerintahpun mengubah nama perkebunan itu sejak tahun 1963. Hingga tahun 1996 perkebunan itu bernama PT Perkebunan Nusantara 8 dan tetap mempertahankan nama-nama perkebunan sejak jaman Belanda seperti nama Perkebunan Walini. Seiring perkembangannya, PTPN 8 terus mempertahankan kualitas dan Teh Walini adalah produk unggulannya, sehingga tetap mampu menjangkau pasar Internasional. Jadi, bila nama Walini dijadikan nama calon ibukota baru Jawa Barat, tentunya memiliki kepantasan dengan sejarah panjang dan kesuksesan yang dimilikinya.

Secara administratif calon Kotabaru Walini berada di Kecamatan Cikalongwetan di Kabupaten Bandung Barat, berjarak sekitar ± 40 km dari Kota Bandung dan sekitar 110 km dari ibukota negara DKI Jakarta. Kecamatan Cikalongwetan berbatasan dengan wilayah lainnya, (lihat Gambar 9.1) yaitu:

- Utara : Kabupaten Purwakarta
- Selatan : Kecamatan Cipatat
- Barat : Kecamatan Cipeundeuy
- Timur : Kecamatan Cisarua



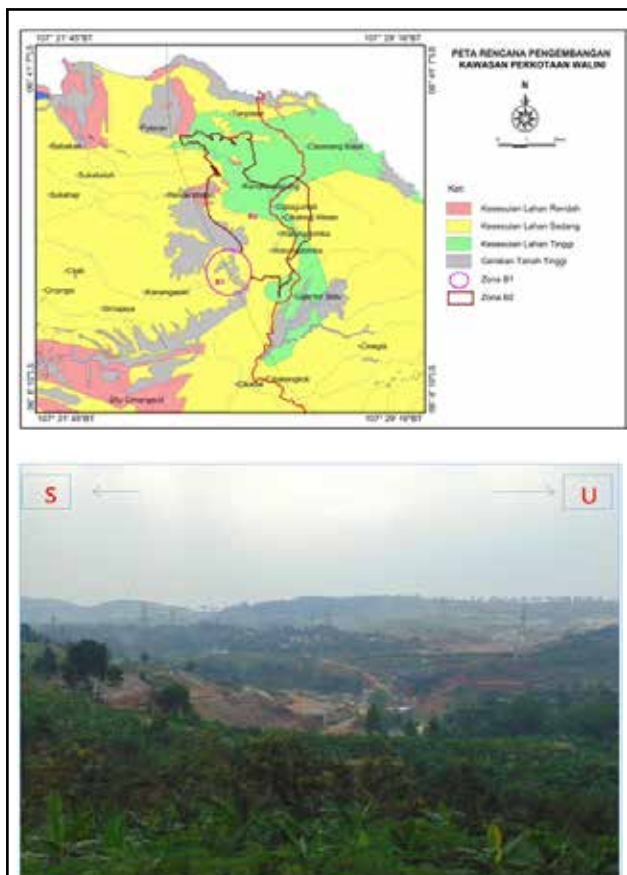
Gambar 9.1. Peta Administrasi Kecamatan Cikalongwetan, (kota merah adalah batas wilayah calon Kotabaru Walini).

9.2. KEBUTUHAN ANALISIS GEOLOGI LINGKUNGAN DALAM PENATAAN RUANG CALON KOTA WALINI

Sebagai Kawasan Strategis Nasional (KSN) yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah Nomor 26 Tahun 2008 sebagaimana telah diubah dengan PP Nomor 13 Tahun 2017 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional (RTRWN), penataan ruang Kawasan Perkotaan Cekungan Bandung harus berskala nasional. Untuk itu, diperlukan keterpaduan perencanaan tata ruang guna mensinergikan antara tujuan nasional di satu sisi dan tujuan regional di sisi lain. Sehingga, penyusunan Perpres Nomor 45 Tahun 2018 tentang Rencana Tata Ruang Kawasan Perkotaan Cekungan Bandung yang ditetapkan Presiden pada tanggal 6 Juni 2018 dilakukan dengan melibatkan dan mengintegrasikan berbagai kepentingan yang bersifat lintas sektor,

lintas wilayah, dan lintas pemangku kepentingan. Hal tersebut tercermin dalam rencana struktur ruang dan pola ruang Kawasan Perkotaan Cekungan Bandung yang telah mengakomodasi rencana program pembangunan Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah yang tertuang dalam RPJMN, RPJMD, Renstra Kementerian/ lembaga, dan Proyek Strategis Nasional (Perpres Nomor 3/2016 sebagaimana diubah dengan Perpres Nomor 58/2017) yang terdapat di kawasan tersebut, yang diantaranya yaitu proyek *Transit Oriented Development* (TOD) Kereta Cepat Jakarta-Bandung di kawasan Walini dan Tegalluar. Dalam Perpres tersebut, rencana pembangunan TOD Walini didasarkan kepada kajian atau data utama geologi teknik (daya dukung) dan mikrozonasi (kendala geologi) yang akan digunakan untuk melakukan sintesis geologi lingkungan sesuai Permeb ATR No. 16 Tahun 2018 Tentang Rencana Detail Tata Ruang dan Peraturan Zonasi.

Berdasarkan Perpres 45 tahun 2018 tentang RTR Kawasan Perkotaan Cekungan Bandung, rencana pengembangan kawasan Walini dibagi menjadi dua Zona yaitu Zona B1 yang meliputi pembangunan stasiun kereta api cepat dan pengembangan kawasan pendukungnya serta Zona B2 (Gambar 9.2). Ditinjau dari Peta Kesesuaian Lahan Cekungan Bandung (Kurnia, dkk, 2019):



Gambar 9.2. Peta Kesesuaian Lahan Cekungan Bandung dan rencana pengembangan kawasan Walini (modifikasi Kurnia, dkk, 2019).

- Pembangunan stasiun dan pengembangan kota disekitarnya (Zona B1) termasuk dalam kesesuaian lahan sedang.
- Zona B2 termasuk dalam kesesuaian lahan sedang-tinggi.
- Potensi air tanah pada zona B1 dan B2 relatif kecil hingga langka sehingga tidak akan dapat memenuhi kebutuhan air bersih untuk pengembangan perkotaan. Ditinjau dari peta konservasi air tanah (salahudin Arief, 2006) zona B1 dan B2 terletak pada daerah dengan potensi air tanah relatif kecil hingga langka. Merupakan zona resapan walaupun bukan zona resapan utama.
- Termasuk ke dalam Kawasan Rawan Bencana Gempa Bumi Tinggi.
- Zona B1 sebagian termasuk dalam zona gerakan tanah tinggi.
- Tidak termasuk ke dalam Kawasan Rawan Bencana Gunung Api.

Tentunya informasi geologi lingkungan di atas masih bersifat regional, sementara itu, data yang dibutuhkan analisis geologi lingkungan untuk mendukung penyusunan rencana detail tata ruang (RDTR) Kota Baru Walini sesuai Permen ATR Nomor 16 Tahun 2018 dibutuhkan data kegeologian yang lebih rinci, seperti data mikrozonasi gempabumi, potensi air tanah, daya dukung batuan dan tanah, dan sebagainya sebagai dasar persyaratan pembangunan. Kebutuhan data mikrozonasi dan geologi teknik dalam Perpres 45 tahun 2018 tentang RTR Perkotaan Cekungan Bandung dipertegas karena pembangunan kawasan perkotaan harus memperhatikan daya dukung dan kendala geologi. Apalagi Kawasan Walini ke depan akan menjadi penopang bagi kawasan industri di Jawa Barat, yang mencapai 60 persen dari industri nasional.

Penyediaan informasi geologi lingkungan pada rencana pengembangan kotabaru akan dilakukan di Walini, Kecamatan Cikalong Wetan, Kabupaten Bandung Barat dilakukan melalui penyelidikan lapangan (Gambar 9.3), meliputi sifat fisik dan keteknikan tanah/batuan, kondisi morfologi, struktur geologi dan kedalaman muka air tanah, kemudian mengumpulkan peta bencana geologi dan peta tutupan lahan. Penyusunan peta geologi lingkungan dilakukan dengan pembobotan dan overlay peta kerentanan gerakan tanah, peta kerentanan gempa bumi, peta zona rawan letusan gunung api dan peta kerentanan banjir.

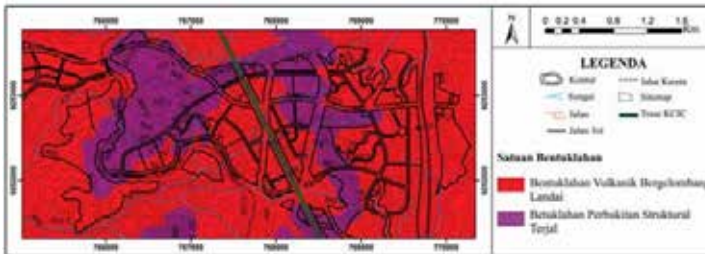


Gambar 9.3. Alur dan kebutuhan data analisis geologi lingkungan rinci untuk pengembangan Kotabaru Walini.

9.2. DAYA DUKUNG GEOLOGI

9.2.1. Geomorfologi Dan Kemiringan Lereng

Secara umum, wilayah Cikalongwetan dan sekitarnya mempunyai morfologi khas yang dibentuk oleh aliran endapan vulkanik berupa punggung-punggungan yang membentuk perbukitan. Morfologi tersebut menunjukkan arah akumulasi endapan vulkanik. Punggungan tersebut mempunyai sumbu panjang relatif berarah barat-timur di bagian tengah hingga selatan daerah penelitian dan sumbu panjang relatif berarah barat laut-tenggara di bagian utara daerah penelitian. Kemiringan lereng antara 2% - 30% atau 2° - 16° dengan ketinggian berkisar antara 500 hingga 1020 m dpl.



Gambar 9.4. Peta geomorfologi daerah Walini dan sekitarnya, (sumber: Wahdatul Khasanah)

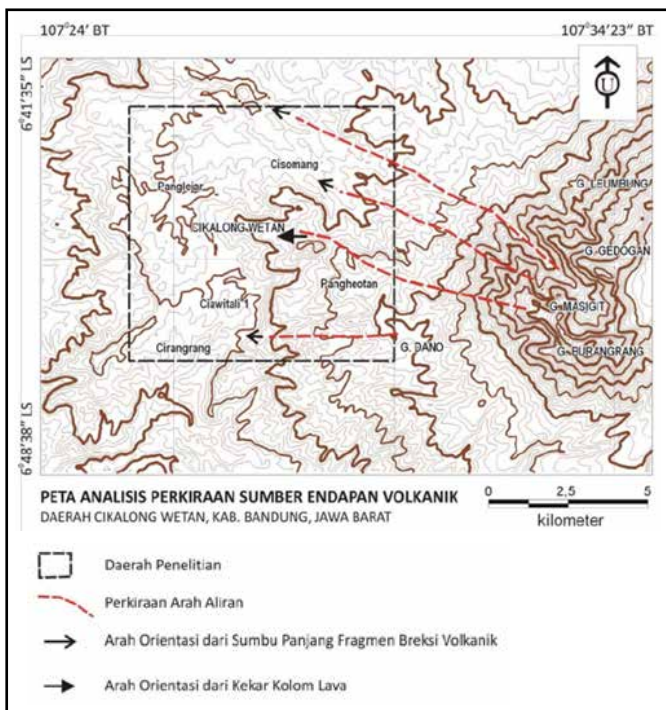
Sedangkan Wahdatul, drr (2019), mengamati lebih lanjut bahwa faktor pengontrol keadaan geomorfologi di calon kotabaru Walini adalah struktur geologi berupa kekar dan indikasi lipatan. Struktur kekar pada umumnya ditemukan pada perselingan batupasir batulempung. Struktur lipatan pada lokasi calon kotabaru Walini diindikasikan dari bidang perlapisan batuan yang relatif curam dengan kemiringan sekitar 40° - 75° , pada perselingan batupasir dan batulempung dan dijumpai pembalikan arah dip.

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan di lokasi calon Kotabaru Walini dilakukan oleh Wahdatul, drr (2019), keadaan geomorfologi wilayah Walini terbagi menjadi dua satuan yaitu bentuklahan perbukitan struktural terjal mencakup sekitar 35% dari seluruh lokasi penelitian dan perbukitan vulkanik bergelombang landai mencakup sekitar 65% dari seluruh lokasi calon kotabaru yang meliputi Desa Jatimekar dan Desa Mandalasari. Sedangkan kondisi kemiringan lereng yang dicirikan dengan kontur yang rapat pada peta topografi, umumnya berkisar 17° - 27° dengan ketinggiannya berkisar 500-662,5 mdpl. Dari pengamatan di lokasi rencana kotabaru, litologi yang mendominasi berupa breksi laharik dan batupasir kerikilan. Satuan ini dicirikan oleh kontur yang relatif renggang pada peta topografi dengan kemiringan lereng sebesar 3° - 9° dan ketinggiannya berkisar antara 437,5 - 475 mdpl.

9.2.2. Potensi Air Tanah

Pengamatan hidrogeologi daerah Cikalongwetan tempat calon kotabaru walini dilakukan oleh Munib Ikhwatun Iman dan D Erwin Irawan (2008) berdasarkan

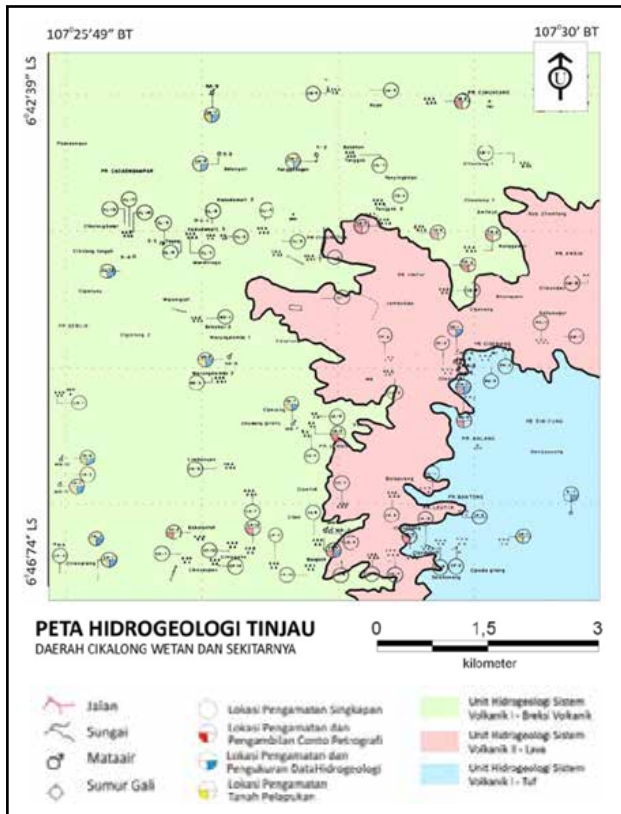
pendekatan pada keadaan morfologi, litologi, dan tingkat erosi yang merupakan landasan untuk memperkirakan sumber atau asal bahan vulkanik yang menyusun daerah penelitian. Analisis berdasarkan landasan-landasan tersebut akan menghasilkan arah perkiraan sumber bahan vulkanik tersebut yang akan disajikan pada Peta Analisis Perkiraan Sumber Bahan Vulkanik Skala 1 : 100.000 pada Gambar 9.5. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa tipologi akifer yang berkembang di daerah Cicalongwetan dan sekitarnya adalah akifer endapan vulkanik dengan geometri akifer yang berkembang berupa pelapukan batuan dan rekahan batuan. Tipologi ini disusun oleh litologi breksi vulkanik, lava, dan tuf. Setiap jenis batuan membentuk sistem akuifer yang berbeda. Unit akuifer breksi vulkanik dan lava tersusun oleh sistem rekahan dengan debit mata air yang relatif besar. Unit akuifer tuf tersusun oleh sistem pori yang menyebabkan debit mata airnya relatif kecil. Ketiga unit akuifer tersebut memiliki penyebaran ke arah barat, sesuai dengan hasil pemetaan endapan gunung api. sumber vulkanik pembentuk tipologi akifer ini berasal dari kompleks, pegunungan di timur daerah penelitian yang terdiri dari G. Burangrang, G. Masigit, G. Gedogan, G. Leumbang, dan G. Dano. Penyebaran litologi dari Kompleks Sunda tersebut mengendalikan pola umum aliran air tanah yang juga mengalir ke arah barat.



Gambar 9.5. Peta perkiraan sumber endapan gunung api (sumber: Menurut Munib Ikhwatun Iman dan D Erwin Irawan, 2008).

Berdasarkan klasifikasi Mandel dan Shiftan (1981), daerah Cicalongwetan dan sekitarnya termasuk dalam sistem akifer sistem vulkanik. Seperti dijelaskan di atas, daerah ini memiliki dua jenis akifer, yaitu akifer media rekahan pada breksi vulkanik dan lava serta media pori pada batuan tuf. Sistem akifer ini dikendalikan

oleh parameter geologi berupa jenis litologi penyusun akifer dan tingkat pelapukan pada batuan yang tampak sebagai ketebalan tanah. Berdasarkan pembagian satuan stratigrafi, unit hidrogeologi daerah penelitian dapat dibagi menjadi unit hidrogeologi vulkanik I (breksi vulkanik), unit hidrogeologi vulkanik II (lava andesit), dan unit hidrogeologi III (tuf) (Gambar 9.6). Sedangkan tipe mata air yang berkembang di Cicalongwetan dan sekitarnya berdasarkan klasifikasi Todd, 1980 adalah mata air depresi pada akifer aluvial dan tuf khususnya pada tanah pelapukannya dan mata air rekahan pada satuan breksi vulkanik dan lava, (Munib Ikhwatun Iman dan D Erwin Irawan (2008).



Gambar 9.6. Peta hidrogeologi tinjau daerah penelitian, (sumber: Menurut Munib Ikhwatun Iman dan D Erwin Irawan, 2008).

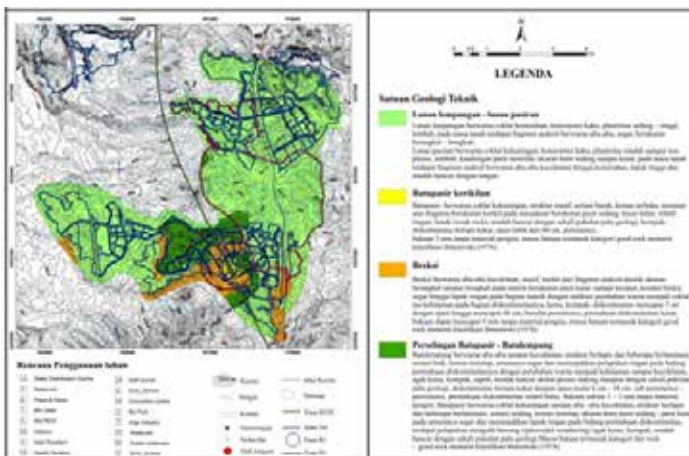
Penyelidikan air tanah khususnya airtanah dalam berkaitan dengan kebutuhan sumber daya air untuk pembangunan Kotabaru Walini bila air permukaan tidak mencukupi atau sulit di dapat. Berdasarkan peta hidrogeologi Kabupaten Bandung Barat, Kecamatan Cicalongwetan termasuk daerah aman pengambilan air tanah dan pengambilan yang diizinkan adalah debit 170 m³/hari dengan jumlah sumur terbatas. Hal ini dikarenakan potensi yang dimiliki wilayah Cicalongwetan dan sekitarnya cukup besar, sedangkan pemanfaatan saat ini termasuk masih langka karena selama ini status lahannya adalah perkebunan. Namun, agar pembangunan kota baru tersebut berjalan secara berkelanjutan, maka dalam pemanfaatan sumber daya air diutamakan air permukaan, sedangkan air tanah sebagai cadangan.

9.2.3. Kedalaman Muka Air Tanah

Sedangkan, berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, kondisi kedalaman muka air tanah dangkal di wilayah Cicalongwetan dan sekitarnya memiliki kedalaman sekitar lebih dalam dari 3 meter. Pengukuran tersebut dilakukan, karena kedalaman muka air tanah (MAT) dapat mempengaruhi perencanaan fondasi bangunan, selain itu air tanah dangkal akan mengganggu pengerjaan galian karena menyebabkan tanah/ batuan menjadi tidak stabil sehingga perlu dilakukan metode pengeringan dan membutuhkan biaya. Pada analisis geologi lingkungan, Utami dan Sutarjan (2000) mengklasifikasikan kedalaman muka air tanah menjadi 3 meliputi muka air tanah dangkal, menengah untuk mengetahui kemudahan dalam pengerjaan fondasi bangunan ringan. Muka air tanah pada wilayah perencanaan rata-rata >3m dan tetap berair di musim kemarau. MAT tersebut dapat diinterpretasikan sebagai MAT akuifer dalam.

9.2.4. Daya dukung Pondasi

Informasi daya dukung pondasi diperoleh berdasarkan hasil pemetaan detail geologi teknik yang dilakukan Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan (PATGTL), Badan Geologi tahun 2019. Hasilnya menunjukkan bahwa satuan geologi teknik kawasan pengembangan Walini terdiri atas lanau lempungan-lanau pasiran, batupasir kerikilan, breksi dan perselingan batupasir-batulempung (Gambar 9.7).



Gambar 9.7. Peta Geologi Teknik kawasan Walini dan sekitarnya (modifikasi, PATGTL, 2019)

- Satuan lanau lempungan-lanau pasiran terdiri atas tanah lanau lempungan dan lanau pasiran yang mencakup sekitar 35 % dari seluruh lokasi penelitian. Lanau lempungan memiliki karakteristik berwarna merah kecokelatan, plastisitas sedang - tinggi, umumnya tanah dalam kondisi lembab dan basah, konsistensi tanah kaku, dalam kondisi kering tanah mudah hancur, pada beberapa titik terdapat fragmen andesit dengan ukuran berangkal - bongkah. Tanah lanau pasiran memiliki karakteristik berwarna coklat kekuningan, konsistensi kaku, plastisitas rendah - non plastis, lembab, ukuran butir pasir sedang - kasar. Tanah

lanau lempungan terletak di atas lanau pasiran. Berdasarkan karakteristiknya tanah lanau lempungan-lanau pasiran merupakan tanah residual hasil lapukan breksi laharik.

- Satuan batupasir kerikilan mencakup sekitar 10% dari seluruh lokasi penelitian, litologi tersebut memiliki karakteristik berwarna coklat kekuningan, struktur gradasi normal, tingkat pelapukan sedang, kekuatan batuan menengah (*medium strong rock*). Pada satuan ini dilakukan pengujian sifat fisik meliputi kadar air sebesar 12,7%, berat isi 22 kN/m², porositas 56,31%, dan void ratio 1,29 selain itu dilakukan pengujian UCS dan diperoleh nilai kuat tekan 22,74 kg/cm². Berdasarkan hasil pengukuran RMR termasuk kelas II *good rock*.
- Satuan breksi mencakup sekitar 30% dari seluruh lokasi penelitian, karakteristik dari breksi laharik adalah berwarna abu-abu, struktur masif, tingkat pelapukan sedang, kekuatan batuan termasuk kuat (*strong rock*), pada satuan ini dilakukan pengujian sifat fisik meliputi kadar air sebesar 1,66%, berat isi 27 kN/m², porositas 31,49%, dan *void ratio* 0,46, berdasarkan pengujian *point load* diperoleh nilai kuat tekan sebesar 553,92 kg/cm². Berdasarkan pengukuran RMR termasuk kelas I *very good rock*.
- Satuan perselingan batupasir-batulempung mencakup sekitar 25% dari seluruh lokasi penelitian. Batulempung memiliki karakteristik berwarna abu-abu, tingkat pelapukan sedang, kekuatan batuan termasuk menengah. Pada satuan ini dilakukan pengujian sifat mekanik yaitu pengujian *Unconfined Compression Test* (UCS) dan diperoleh nilai kuat tekan 7,32 kg/cm². Berdasarkan hasil pengukuran RMR (*Rock Mass Rating*) termasuk kelas II atau *good rock*.

Besaran nilai dan bobot pada setiap parameter satuan geologi teknik dapat dilihat pada Tabel 9.1 berikut ini.

Tabel 9.1. Pembobotan parameter geologi teknik pada lokasi calon kotabaru Walini. (sumber: *Wahdatul Khasanah, 2018*).

No	Satuan Geologi Teknik	Parameter	Nilai	Bobot
1	Perselingan batupasir-batulempung	Kuat tekan batuan utuh	0,718 MPa	0
		RQD	69.12%	13
		Jarak Diskontinuitas	60-180 mm	8
		Kekasaran	Sedang	
		Saparasi	< 1 mm	25
		Tingkat Pelapukan	Sedang	
		Airtanah	Kering	14
		RMR		61

2	Breksi Laharik	Kuat tekan batuan utuh	54,3209 MPa	15
		RQD	88,96%	17
		Jarak Diskontinuitas	200-600 mm	10
		Kekasaran	Sedang	
		Saparasi	< 1mm	25
		Tingkat Pelapukan	Sedang	
		Airtanah	Kering	15
		RMR		82
3	Batupasir kerikilan	Kuat tekan batuan utuh	2,2298 MPa	1
		RQD	90,9%	15
		Jarak Diskontinuitas	0,6-2 mm	15
		Kekasaran	Sedang	
		Saparasi	1 mm	25
		Tingkat Pelapukan	Sedang	
		Airtanah	Kering	15
		RMR		73

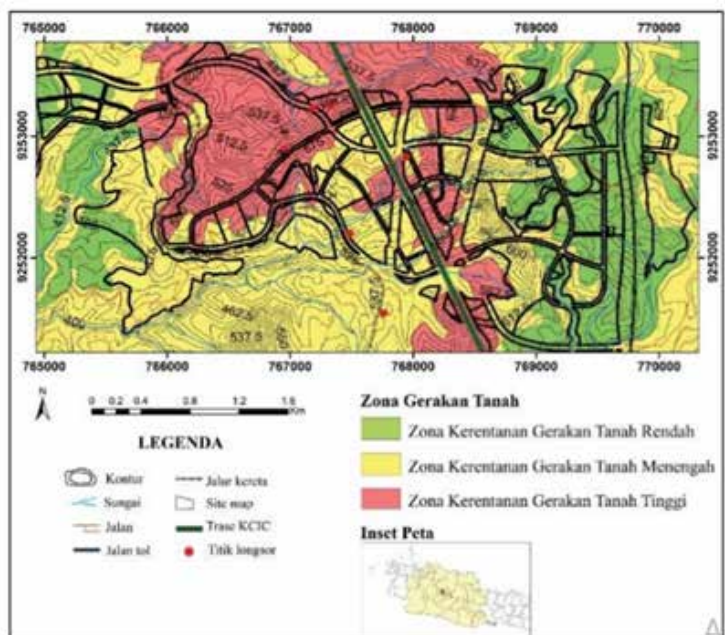
9.4. POTENSI BAHAYA GEOLOGI

Potensi bahaya geologi perlu dipertimbangkan pada perencanaan pengembangan kota baru Walini, karena berkaitan dengan keamanan dan keselamatan penduduk setempat dan penduduk baru yang akan menempati lokasi tersebut. Potensi bahaya geologi yang dapat diamati, diantaranya adalah:

9.4.1. Gerakan Tanah

Berdasarkan Peta Kerentanan Gerakan Tanah (PVMBG, 2008) lokasi penelitian terbagi menjadi 3 zona kerentanan gerakan tanah yaitu rendah, menengah dan sedang (Gambar 9.8). Pada lokasi penelitian ditemukan titik longsor sebagian besar di daerah dengan litologi berupa perselingan batupasir-batulempung dan pada lereng yang material penyusunnya berupa tanah lanau lempungan.

Longsoran pada lokasi penelitian termasuk jenis rotasi dimana pergerakan massa tanah dan batuan terjadi berupa bidang gelincir berbentuk cekung. Mekanisme gerakan tanah yang terjadi pada tanah maupun batuan di lokasi penelitian diinterpretasikan terjadi karena adanya peningkatan air pada saat musim penghujan, air tersebut meresap melalui pori-pori dan rekahan pada tanah/ batuan, karena pada kedalaman tertentu terdapat lapisan batuan yang keras maka infiltrasi air tidak dapat berlanjut sehingga akan menjadi zona jenuh yang membentuk bidang gelincir dan mengakibatkan terjadinya gerakan tanah.



Gambar 9.8. Peta kerentanan gerakan tanah pada lokasi penelitian (PVMBG, 2008)

9.4.2. Banjir

Banjir merupakan salah satu bencana yang sering terjadi terutama pada musim penghujan. Walaupun intensitas curah hujan wilayah Cikalongwetan tempat calon kotabaru Walini berada memiliki intensitas curah hujan antara 2500-3000 mm/tahun, namun berdasarkan Peta Perkiraan Potensi Banjir (BMKG, 2018) termasuk daerah dengan tingkat kerentanan terhadap banjir yang rendah. Hal ini lebih dipengaruhi oleh elevasi wilayah Cikalongwetan yang berada di dataran tinggi dengan elevasi sekitar 400-625 mdpl, disusun oleh batuan vulkanik kuartar yang memiliki kelulusan (permeabilitas relatif tinggi), dan penggunaan lahannya sebagai area perkebunan dengan vegetasi yang relatif banyak sehingga mampu meningkatkan infiltrasi air tanah dan mengurangi aliran permukaan yang berupa potensi banjir.

Dengan demikian, untuk mengantisipasi perubahan daerah resapan air pada calon Kotabaru Walini akibat pembangunan sarana dan prasarana terutama bangunan gedung dan permukiman perlu ditentukan nilai koefisien dasar bangunan (KDB) berdasarkan aspek geologi lingkungan agar perubahan aliran permukaan (*run off*) dapat dikendalikan dengan rekayasa teknis sipil maupun vegetatif.

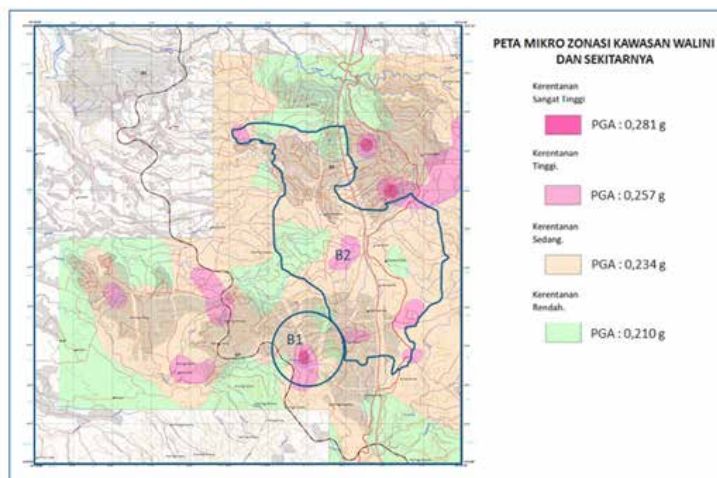
9.4.3. Mikrozonasi Wilayah Walini

Gempa bumi merupakan salah satu potensi bahaya geologi yang dapat terjadi di lokasi penelitian yang dapat menimbulkan berbagai dampak terhadap bangunan akibat percepatan gelombang seismik dan dapat mengakibatkan longsor. Besarnya

dampak gempa bumi terhadap bangunan bergantung pada skala gempa, jarak episenter, mekanisme sumber, jenis lapisan tanah di lokasi bangunan dan kualitas bangunan. Berdasarkan SNI (2012) tentang standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, pengaruh gempa rencana harus ditinjau dalam perencanaan dengan kemungkinan terlewat selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah 2% (periode ulang 25.000 tahun), merujuk pada Peta Zonasi Sumber Gempa Indonesia (SNI, 2017) percepatan gempa bumi pada lokasi penelitian termasuk cukup tinggi yaitu dapat mencapai 0,4 – 0,5 g, sehingga perlu dilakukan perencanaan desain konstruksi bangunan yang lebih resisten terhadap gempa.

Informasi kegempaan yang lebih detail untuk pengembangan kotabaru Walini, diperoleh berdasarkan hasil pemetaan mikrozonasi yang dilakukan oleh Pusat Survei Geologi, Badan Geologi tahun 2019. Mikrozonasi ini adalah salah satu teknik untuk membagi suatu zona kegempaan yang besar menjadi zona-zona kecil dengan kriteria masing-masing zona akan berbeda tergantung tujuan zonasi itu sendiri. Informasi yang dipertimbangkan dalam menyusun peta mikrozonasi antara lain adalah faktor penguatan (amplifikasi), periode dominabatuan, sesar (patahan), gerakan tanah, jenis tanah, tanah bergerak di permukaan. Jadi informasi mikrozonasi ini dapat mengetahui daerah mana yang dianggap zona merah dan menjadi peringatan dini terjadinya gempa.

Informasi yang terkandung dalam peta mikrozonasi yang telah dibuat Badan Geologi tersebut memperlihatkan wilayah calon kotabaru Walini dan sekitarnya termasuk dalam satuan mikrozonasi dengan kerentanan rendah-sangat tinggi seperti diperlihatkan pada Gambar 9.9. Selanjutnya peta mikrozonasi ini dievaluasi dengan berpedoman kepada SNI 1726 tahun 2012 tentang Tata Cara Ketahanan Tahan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, maka diperoleh beberapa arahan zona sebagaimana direkomendasikan pada Tabel 9.2.



Gambar 9.9. Peta mikrozonasi kawasan walini dan sekitarnya (modifikasi, PSG, 2019)

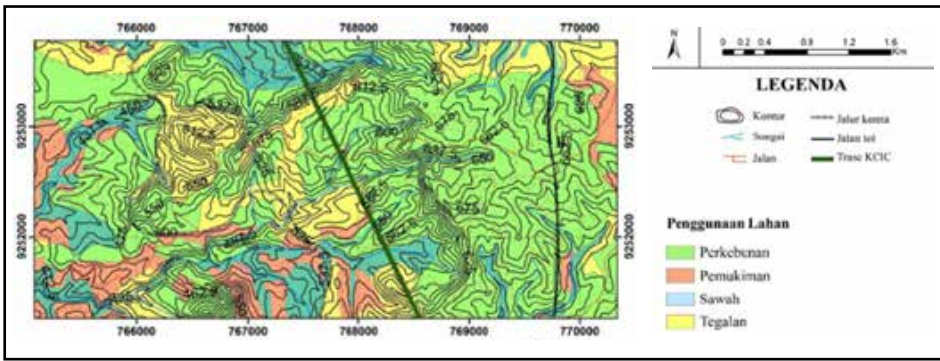
Tabel 9.2. Satuan Mikrozonasi serta arahan zonasi pemanfaatan lahan berdasarkan SNI 1726 tahun 2012 kawasan pengembangan walini.

Arahan Zonasi dalam Perpres 45/2018	Satuan Mikrozonasi	Rekomendasi Pemanfaatan berdasarkan SNI 1726 - 2012	Evaluasi Arahan Zonasi dalam Perpres 45/2018 terhadap Rekomendasi Pemanfaatan berdasarkan SNI 1726 - 2012
B1	Kerentanan Sangat Tinggi	Sesuai untuk Kategori Risiko I	Arahan zonasi B1 belum mengikuti kategori risiko I. Sebaiknya Fasilitas penting tidak dibangun pada zona ini. Apabila tetap akan didirikan bangunan, perlu adanya fasilitas keadaan darurat (sebagaimana Kategori Risiko IV)
	Kerentanan Tinggi		
	Kerentanan Sedang	Sesuai untuk Kategori Risiko II dan III	Arahan zonasi B1 sesuai dengan dengan kategori risiko II dan III. Namun demikian pembangunan harus mengikuti ketentuan kode bangunan Kebencanaan gempa
	Kerentanan Rendah	Sesuai untuk Kategori Risiko I, II, III, dan IV	Arahan zonasi B1 sesuai dengan dengan kategori risiko I, II, III, dan IV. Pengembangan kawasan kota dianjurkan pada satuan mikrozonasi ini
B2	Kerentanan Tinggi	Sesuai untuk Kategori Risiko I	Arahan zonasi B2 belum mengikuti kategori risiko I. Sebaiknya Fasilitas penting tidak dibangun pada zona ini. Apabila tetap akan didirikan bangunan, perlu adanya fasilitas keadaan darurat (sebagaimana Kategori Risiko IV)
	Kerentanan Sedang	Sesuai untuk Kategori Risiko II dan III	Arahan zonasi B2 sesuai dengan dengan kategori risiko II dan III. Namun demikian pembangunan harus mengikuti ketentuan kode bangunan Kebencanaan gempa
	Kerentanan Rendah	Sesuai untuk Kategori Risiko I, II, III, dan IV	Arahan zonasi B2 sesuai dengan dengan kategori risiko I, II, III, dan IV. Pengembangan kawasan kota dianjurkan pada satuan mikrozonasi ini

9.5. SINTESIS GEOLOGI LINGKUNGAN

Pada penyelidikan ini dilakukan evaluasi terhadap penggunaan lahan (Gambar 9.10), berdasarkan sintesis geologi lingkungan, yaitu menggunakan parameter kemiringan lereng, potensi air tanah, muka air tanah, geologi teknik untuk menahan fondasi bangunan, pengerjaan penggalian tanah, tutupan lahan, untuk mengetahui kemudahan persiapan pengerjaan, dan bahaya beraspek geologi.

Untuk mengetahui keadaan geologi lingkungan di wilayah calon katabaru Walini, Bandung Barat menggunakan cara pembobotan pada masing-masing parameter



Gambar 9.10. Peta tutupan lahan pada lokasi penelitian (BAKOSURTANAL, 2007)

geologi lingkungan, yaitu (lihat Tabel 9.4): 1) Kemiringan lereng; 2) potensi air tanah; 3) kedalaman muka air tanah; 4) kemampuan satuan tanah/batuan untuk menahan fondasi bangunan; 5) kemudahan pengerjaan penggalian; 6) kemudahan pengerjaan berdasarkan tutupan lahan; dan 7) bahaya lingkungan beraspek geologi.

Adapun hasil sintesis geologi lingkungan untuk wilayah calon kotabaru Walini, Bandung Barat dilakukan dengan cara memberikan nilai dan bobot pada setiap parameter tersebut di atas, yang tujuannya untuk mendapatkan skor dan jumlahnya kumulatif dari semua parameter yang di analisis. Adapun analisis pembobotan yang dimaksud di atas dapat di lihat pada Tabel 9.4 berikut ini.

Tabel 9.4. Nilai, bobot, dan skor setiap parameter untuk sintesis geologi lingkungan wilayah calon kotabaru Walini, Bandung Barat.

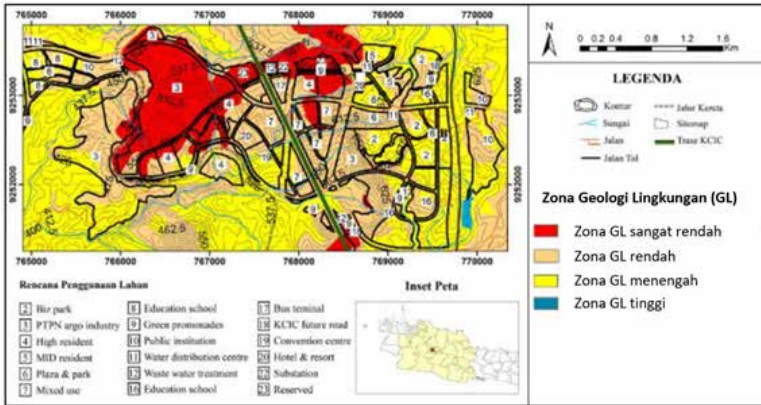
Parameter	Klasifikasi	Kelas	Nilai	Bobot	Skor
Potensi Air Tanah	> 3 liter/detik	Tinggi	5	5	25
	1- 3 liter/detik	Menengah	3		
	< 1 liter/detik	Rendah	1		
Muka Air Tanah	< 3 meter	Tinggi	5	4	12
	3-7 meter	Menengah	3		
	< 7 meter	Rendah	1		
Kemampuan satuan tanah/ batuan untuk menahan fondasi bangunan batuan	Breksi laharik	Tinggi	5	5	25
	Batupasir kerikilan, perselingan batupasir-lempung	Menengah	3		
	Lanau lempungan	Rendah	1		
Kemudahan pengerjaan penggalian	Lanau lempung-lanau pasiran	Tinggi	5	3	15
	Batupasir kerikilan, perselingan batupasir-batulempung	Menengah	3		
	Breksi laharik	Rendah	1		

Kemiringan lereng	< 8%	Tinggi	5	5	15
	8-15%	Menengah	3		
	>15%	Rendah	1		
Kemudahan pengerjaan berdasarkan tutupan lahan	Pemukiman	Tinggi	5	2	10
	Perkebunan	Menengah	3		
	Sawah	Rendah	1		
Bahaya beraspek geologi	Rawan longsor				
	Tinggi	Tinggi	1	5	15
	Menengah	Menengah	3		
	Rendah	Rendah	5		
	Kerentanan gempa				
	< 0,4	Tinggi	1	5	15
	0,4-0,5g	Menengah	3		
	> 0,5g	Rendah	5		
	Kerentanan banjir	Tinggi	1	4	20
		Menengah	3		
		Rendah	5		
	Kerentanan Gunungapi	Tinggi	1	3	15
		Menengah	3		
Rendah		5			

Hasil analisis tumpang susun berdasarkan Tabel 9.4 di atas, maka diperoleh interval zonasi kemampuan geologi lingkungan yang ditunjukkan pada Tabel 9.5 dan hasilnya berupa peta yang terlihat pada Gambar 9.11.

Tabel 9.5. Interval geologi lingkungan pada lokasi penelitian

Skor	Zona Geologi Lingkungan
<41	Sangat Rendah
42-82	Rendah
83-135	Menengah
136-179	Tinggi
>180	Sangat Tinggi



Gambar 9.11. Peta Geologi Lingkungan Calon Kotabaru Walini dan sekitarnya.

9.5.1. Zona Geologi Lingkungan Sangat Rendah

Zona geologi lingkungan sangat rendah mencakup 25% dari seluruh peta lokasi penelitian. Rencana penggunaan lahan pada wilayah ini adalah sebagai *PTPN argo industry, high resident, green promonades, waste water treatment, substansion* dan *reserved*. Area ini memiliki kemiringan lereng $17^{\circ} - 27^{\circ}$, kemiringan lereng tersebut dinilai cukup tinggi dan berdampak pada tingginya potensi gerakan tanah. Keadaan air tanah di lokasi ini tergolong langkan dengan muka air tanah lebih dari 7 meter. Satuan geologi teknik penyusun daerah ini terdiri atas perselingan batupasir batulempung dengan kekuatan batuan sedang untuk dijadikan sebagai dasar fondasi dan relatif keras untuk dilakukan penggalian sehingga diperlukan biaya yang tinggi untuk melakukan pekerjaan konstruksi, penggunaan lahan pada area tersebut berupa perkebunan dengan akses jalan yang masih sedikit dapat menyebabkan persiapan pengerjaan proyek menjadi terkendala sehingga memerlukan biaya yang tinggi.

9.5.2. Zona Geologi Lingkungan Rendah

Zona geologi lingkungan rendah mencakup sekitar 30% dari seluruh lokasi penelitian. Rencana penggunaan lahan pada zona ini adalah sebagai *bizpark, PTPN argo industry, high resident, plaza & park, mixed use, green promenade, hotel & resort, waste distribution centre, waste water treatment* dan *KCIC future road*. Area ini dominan memiliki kemiringan lereng terjal yaitu $17^{\circ} - 27^{\circ}$, kedalaman muka air tanah antara 2-3 mketer, dan tingkat kerentanan gerakan tanah pada area ini menengah-tinggi maka keadaan geologi lingkungan relatif rendah. Batuan penyusun pada lokasi ini berupa perselingan batupasir-batulempung, batupasir kerikilan dan breksi laharik yang memiliki kemampuan sebagai dasar fondasi menengah-tinggi dan relatif sulit dilakukan penggalian sehingga memerlukan biaya yang relatif tinggi untuk pengerjaan konstruksi. Penggunaan lahan pada area ini berupa tegalan dan perkebunan sehingga akses untuk menjangkau lokasi lebih mudah untuk persiapan pengerjaan konstruksi namun tetap memerlukan biaya cukup tinggi.

9.5.3. Zona Geologi Lingkungan Menengah

Zona geologi lingkungan menengah mencakup 40% dari seluruh lokasi penelitian. Berdasarkan perencanaan yang telah dilakukan pada lahan ini akan dikembangkan menjadi biz park, mid resident, plaza & park, education school, dan public Institution. Area ini memiliki kelerengan sekitar $3^{\circ} - 9^{\circ}$, dengan tingkat kerentanan gerakan tanah rendah – menengah sehingga relatif aman untuk dilakukan pembangunan. satuan geologi teknik penyusun daerah ini terdiri atas lanau lempunganlanau pasiran, batupasir kerikilan, dan breksi laharik. Area ini dekat dengan pemukiman sehingga cukup mudah untuk melakukan persiapan pekerjaan konstruksi, sebagian batuan penyusunya adalah breksi laharik yang sangat sukar untuk dilakukan penggalian maka tetap memerlukan biaya untuk pengerjaannya, namun biaya yang dibutuhkan relatif rendah jika dibandingkan pada zona kemampuan geologi teknik rendah dan sangat rendah. Kedalaman muka air tanah antara 3-4 meter.

9.5.4. Zona Geologi Lingkungan Tinggi

Pada geologi lingkungan tinggi hanya mencakup sekitar 5% dari seluruh lokasi penelitian. Area tidak termasuk kedalam rencana pengembangan yang dilakukan oleh PT. KCIC. kemiringan lereng pada area ini sekitar $30 - 90^{\circ}$, dengan tingkat kerentanan gerakan tanah rendah sehingga keadaan geologi lingkungan tinggi dan sesuai jika akan dilakukan pembangunan pada area ini. Satuan geologi teknik pada zona ini berupa breksi laharik yang memiliki kekuatan batuan yang tinggi untuk dijadikan sebagai fondasi bangunan dan ditunjang dengan kedalaman muka air tanah >4 meter. Dengan demikian, bila lahan pada area ini di gunakan sebagai pemukiman akan mudah dalam melakukan persiapan pekerjaan konstruksi dan memerlukan biaya yang rendah untuk pengerjaannya.

Berdasarkan analisis geologi lingkungan di atas, baik regional maupun rinci, rencana pengembangan Perkotaan Walini masuk ke dalam kategori kesesuaian lahan sedang-tinggi, artinya:

1. Untuk memenuhi kebutuhan air bersih tidak dapat menggunakan sumber daya air tanah.
2. Kemiringan berkisar dari $8 - 30\%$.
3. Bahaya geologi utama pada daerah ini adalah kegempaan dan gerakan tanah.
4. Berdasarkan peta mikrozonasi daerah ini mempunyai zona kerentanan gempa bumi: sangat tinggi, tinggi, sedang, dan rendah.

Saran yang dapat dikemukakan untuk pembangunan berkelanjutan Perkotaan Walini, sebagai berikut:

1. Untuk memenuhi kebutuhan air bersih agar menggunakan air permukaan.
2. Untuk mencegah terjadinya gerakan tanah, maka pada saat melakukan *cut and fill* perlu memperhatikan stabilitas lereng yang mengacu pada peta geologi teknik serta rekomendasi yang diperlukan.
3. Sebaiknya pada zona kerentanan sangat tinggi dan tinggi tidak dibangun fasilitas

penting, dan harus dilengkapi dengan fasilitas keadaan darurat (sebagaimana Rekomendasi Pemanfaatan berdasarkan SNI 1726-2012).

4. Penggunaan lahan jenis B1 dan B2 belum menunjukkan jenis pondasi bangunan, oleh karena itu apabila akan didirikan bangunan dengan beban berat dan/atau vital harus mengacu peta geologi teknik serta rekomendasinya.
5. Arahan geologi teknik dalam pemanfaatan lahan untuk bangunan dapat dilihat pada tabel 9.6 sebagai berikut:

Tabel 9.6. Arahan pemanfaatan lahan berdasarkan satuan geologi teknik kawasan Walini

No	Satuan Geologi Teknik	Rekomendasi Untuk Jenis Penggunaan Lahan Pada Zona B1 dan B2 (Perpres. No. 45/2018)
1	Lanau lempungan – lanau pasir	Peruntukan satuan ini sebagai pondasi bangunan sebaiknya untuk beban bangunan yang relatif ringan. Pemotongan lereng pada tanah cenderung tidak aman dan perlu dilakukan perkuatan lereng seperti anker, dinding penahan dll.
2	Batupasir kerikilan	Peruntukan satuan ini sebagai pondasi bangunan sebaiknya diletakkan pada batuan bukan tanah hasil lapukannya kecuali untuk bangunan ringan dan tidak vital. Pemotongan lereng pada batuan relatif aman dan tidak butuh perkuatan lereng. Tetapi apabila pemotongan melibatkan tanah yang berada di atas batuan maka lereng perlu dilakukan perkuatan terutama pada material tanahnya
3	Breksi	Peruntukan satuan ini sebagai pondasi bangunan sebaiknya diletakkan pada batuan bukan tanah hasil lapukannya dan cocok digunakan untuk meletakkan pondasi bangunan beban berat/vital. Pemotongan lereng pada batuan relatif aman dan tidak butuh perkuatan lereng. Tetapi apabila pemotongan melibatkan tanah yang berada di atas batuan maka lereng perlu dilakukan perkuatan terutama pada material tanahnya
4	Perselingan batupasir-batulempung	Peruntukan satuan ini sebagai pondasi bangunan tidak disarankan dan lebih disarankan untuk ruang terbuka. Peruntukan sebagai pondasi bangunan dapat dilakukan dengan memperhatikan hal-hal berikut: Peletakan pondasi pada kualitas batuan yang baik (nilai RQD lebih dari 50). Tidak membiarkan batulempung tersingkap lebih dari 30 menit dan mempertahankan kadar air alami batuan selama proses pengerjaan. Menutup bidang diskontinuitas Pemotongan lereng pada batuan tidak disarankan dan apabila terpaksa dilakukan pemotongan lereng maka sebaiknya memperhatikan hal-hal berikut: Mempertahankan kadar air alami selama proses pengerjaan dan tidak membiarkan batulempung tersingkap lebih dari 30 menit. Potensi longsoran cenderung terjadi pada bagian permukaan batuan yang tersingkap (kontak dengan udara) sehingga perlu melakukan perkuatan lereng.

BAB 10

PANAS BUMI MENGHANGATKAN DAN MENERANGI CEKUNGAN BANDUNG

Kontributor:

M. Wachyudi Memed, Tantan Hidayat
Kurniah, Denni Filanto



Gunungapi yang berjejer di selatan Bandung adalah penyokong kehidupan. Tanah subur dan air yang berlimpah menjadi sumber makanan bagi hewan dan manusia. Tanah yang berasal dari lapukan abu letusan gunungapi itu telah menumbuhkan vegetasi yang subur dan menjadi sumber maknan. Demikian juga hujan tak akan banyak terjadi di wilayah Cekungan Bandung tanpa gunung. Udara yang bergerak dipaksa naik ketika mendekati lereng gunung. Di ketinggian yang dingin, uap air yang dibawa udara mengembun menjadi titik-titik air lalu turun hujan di sekitar lereng dan kaki gunung. Selain mengalir di permukaan, sebagian air hujan diresapkan, disimpan, dan mengalir perlahan di bawah gunung, kemudian di lereng dan kaki gunung dilepaskan sebagai mata air dan mengisi lembah di kaki gunung jadilah sungai-sungai yang kemudian menyatu menjadi sungai Citarum. Gunungapi aktif dan keberadaan air tanahnya juga memberi manfaat lain di bawah permukaannya. Magma yang panas mendidihkan air yang ada di batuan dan melalui retakan-retakan batumannya muncul ke permukaan membentuk uap panas yang kadangkala menyembur. Inilah yang disebut energi panas bumi, yang telah dimanfaatkan untuk pembangkitan tenaga listrik. Tinggian Bandung Selatan adalah pembangkit listrik panas bumi yang paling banyak di Indonesia, mulai dari Kamojang, Darajat, Wayang-Windu, dan Patuha. Masing-masing sudah menghasilkan energi sebesar 150 megawat, 140 megawat, dan 110 megawat, dan 55 megawat dengan masa operasi paling tidak selama 30 tahun. Semoga keberadaan panasbumi ini benar-benar mampu menghangatkan dan menerangi masyarakat Cekungan Bandung khususnya dan masyarakat Indonesia pada umumnya.

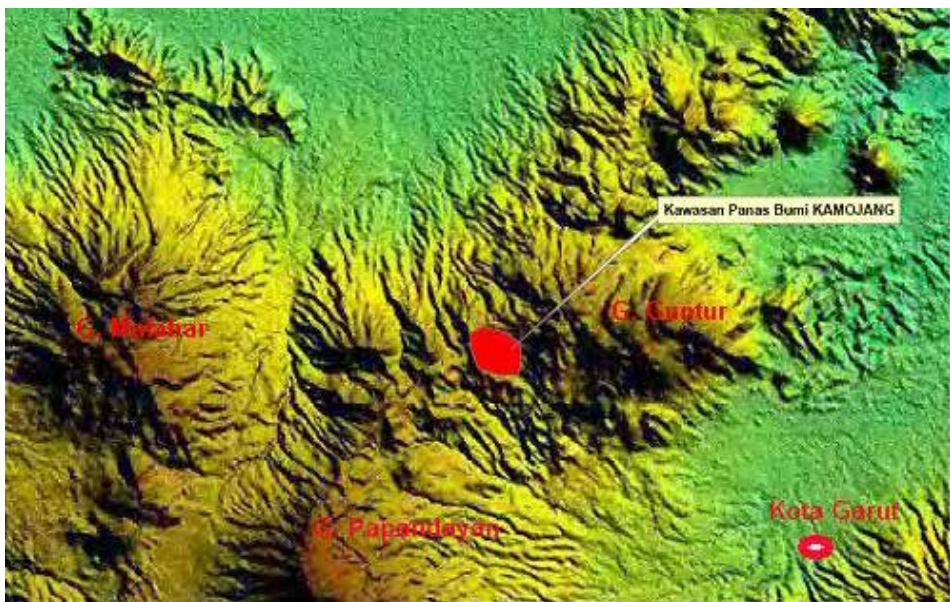
10.1. PANASBUMI KAMOJANG

Secara geografis, lapangan Kamojang terletak pada posisi $107^{\circ} 37,5'00''$ sampai $107^{\circ} 48'00''$ BT dan $7^{\circ} 5,5'00''$ sampai $7^{\circ} 16,5'00''$ LS. Lapangan panasbumi Kamojang berada dalam wilayah Kabupaten Bandung, Jawa Barat. Lapangan ini berjarak 17 km Baratlaut Garut atau pm 42 km Tenggara Bandung, dan berada pada ketinggian 1640 - 1750 m diatas permukaan laut.

Menurut klasifikasi iklim Schmidt dan Ferguson, daerah TWA Kawah Kamojang termasuk ke dalam tipe iklim D dengan curah hujan rata-rata 2.400 mm per tahun atau rata-rata curah hujan harian 213 mm per hari. Musim hujan berlangsung antara bulan September sampai bulan Maret dan musim kemarau antara bulan April sampai bulan Agustus. Temperatur udara sepanjang tahun cukup rendah yaitu antara $8,4^{\circ}\text{C}$ - $24,9^{\circ}\text{C}$ dan temperatur udara rata-rata $16,7^{\circ}\text{C}$ dengan kelembaban udara rata-rata tahunan relatif tinggi yaitu 87 % (BMG, 2004 dalam BKSDA Jawa Barat II dan IPB, 2005).

10.1.1. Geologi Panasbumi Kamojang

Daerah Kamojang dan sekitarnya termasuk kedalam zona fisiografi Zona Bandung bagian selatan (van Bemmelen, 1949), yang dicirikan dengan adanya barisan gunungapi berumur Kuartar. Sedangkan, secara geomorfologi wilayah Kamojang dapat dibagi menjadi dua satuan, yakni (Gambar 10.1):



Gambar 10-1. Kenampakan morfologi lapangan panasbumi Kamojang

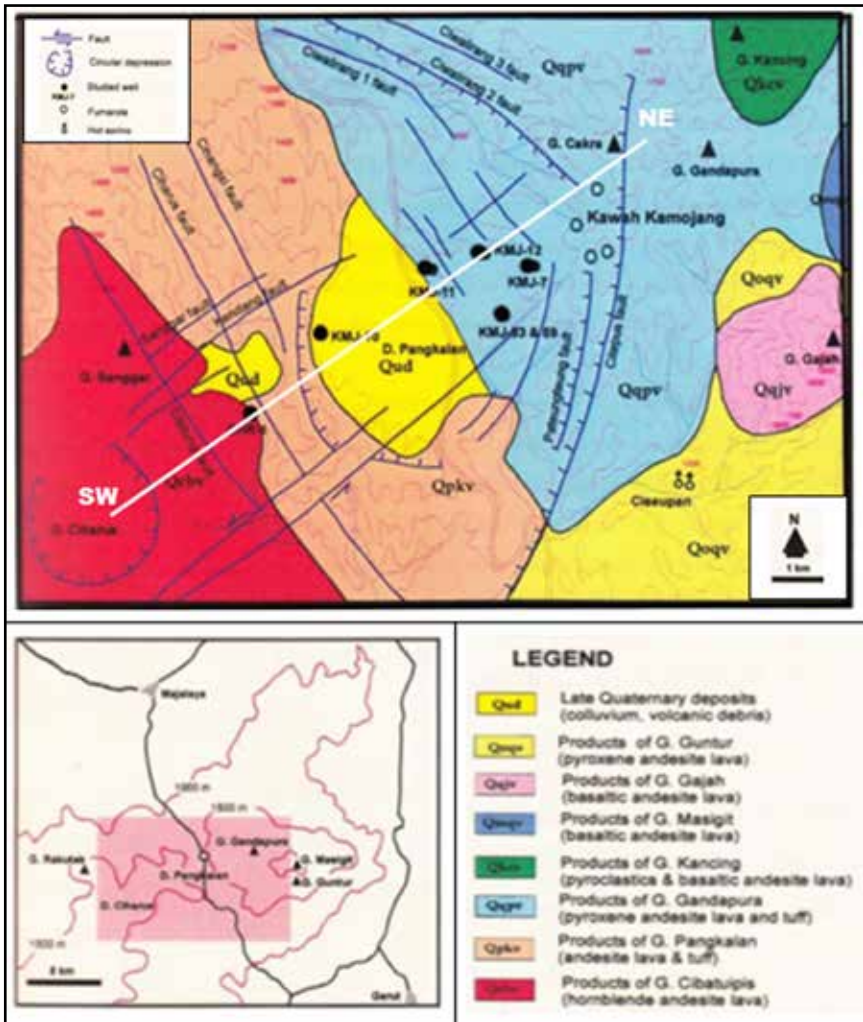
1. **Satuan Perbukitan Kerucut Debu (*cylinder cone*)**, terdiri atas G. Sanggar, kaki G. Rakuta, G. Dano, G. Kamasan, G. Ciharus, G. Beling, G. Jawa, G. Pedang, G. Jahe dan kaki G. Cibatuipis. Satuan ini memiliki kontur rapat-rapat, relief kasar, kemiringan lereng miring-terjal (60-550), dan kisaran elevasi kontur 1150-1882 mdpl. Pola aliran sungai subparallel-subdendrik dengan morfologi berbentuk “V” yang dipengaruhi proses eksogen berupa longsor dan pelapukan. Perbukitan Kerucut Debu (*cylinder cone*) dibentuk oleh tefra berukuran debu sampai lapilli yang menutup perbukitan yang berbentuk gunungapi paling muda. Litologi lainnya sebagai penyusun batuan berupa aliran alluvial andesit sampai basalt.
2. **Satuan Danau Kawah dan Kaldera Purba**, terdiri atas danau Ciharus, danau Pedang dan Kaldera Purba Pangkalan. Satuan ini memiliki pola kontur sangat renggang, relief sangat halus, kemiringan lereng sangat datarmiring (00 - 70), dan kisaran elevasi kontur 1475-1500 mdpl, pola aliran sungai subparallel-subdendrik. Satuan Danau Kawah yang terdiri atas danau Ciharus dan danau Pedang saat ini terisi oleh meteorik yang terakumulasi pada morfologi lembah dari pertemuan antar kaki gunung pada Satuan Perbukitan Kerucut Debu, dan juga berperan sebagai hulu sungai. Kaldera Pangkalan pada saat ini dijadikan sebagai pemukiman warga Ds. Pangkalan, sedangkan danau Ciharus sebagai objek wisata setempat. Morfologi berupa depresi merupakan ekspresi topografi dari dataran rendah yang dikelilingi oleh satuan geomorfologi Perbukitan Kerucut Debu dan diinterpretasikan sebagai morfologi kaldera yang menjadi pusat erupsi G. Kamojang Tua.

Wilayah Kamojang dan sekitarnya terbentuk oleh endapan vulkanik berumur Kuartar yang merupakan bagian dari barisan gunungapi pemisah Garut dan dataran tinggi Bandung, (Gambar 10-1). Sedangkan area panasbumi Kamojang terletak pada rantai dataran tinggi vulkanik berarah Barat-Timur dari G. Rakutak di Barat sampai G. Guntur di sebelah Timur dengan ketinggian 1500 m dpl dengan panjang 15 km dan lebar 4,5 km. Sistem ini berasosiasi dengan endapan vulkanik kuartar berumur 400.000 tahun produk dari gunung vulkanik Pangkalan dan Gandapura dan terlihat menempati bagian dalam hasil depresi vulkanik yang dibentuk oleh rim kaldera Pangkalan yang berbentuk graben oleh sesar Kendeng di Barat dan sesar Citepus di Timur. Rim kaldera Pangkalan, sesar Citepus dan sistem sesar-sesar yang cenderung Barat-Timur di sebelah Utara lapangan ini memberikan target *drilling* yang menarik karena berasosiasi dengan produktivitas uap yang tinggi. Secara umum Area Panasbumi Kamojang dan sekitarnya tersusun dari endapan *Pre-Caldera* dan *Post-Caldera*, (Gambar 10-2).

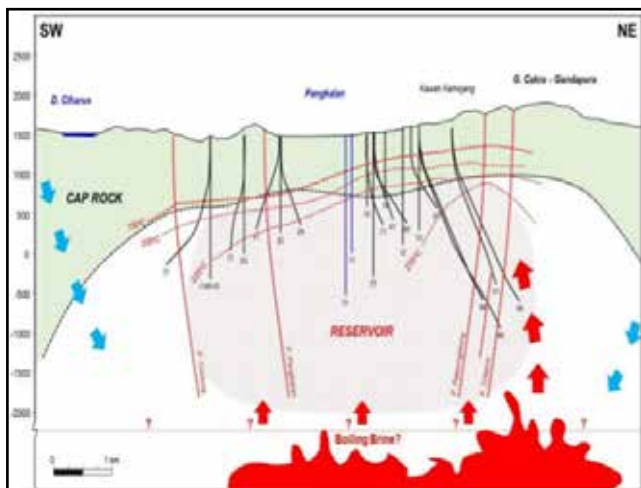
Keberagaman batuan di mulai dengan terbentuknya Formasi Pre-Caldera dari yang berumur tua sampai termuda adalah Basalt Mt. Rakutak, Basalt Dogdog, Pyroxene andesite Mt. Cibeuureum, Pyroclastic Mt. Sanggar, Pyroxene andesite Mt. Cibatuipis, Phorphiry andesite Mt. Katomas, Basaltic andesite Legokpulus dan Mt. Putri, Andesite lava Pasir Jawa dan Pyroxene andesite Mt. Kancing. Sedangkan Formasi Post-Caldera dari yang berumur tua ke yang berumur muda terdiri atas Basaltik Andesite Mt. Batususun dan Mt. Gamdapura, Andesite Lava Mt. Gajah, Basaltic Andesite Mt. Cakra-Masigit dan Guntur. Kelompok Formasi Post-Caldera menindih

tidak selaras kelompok Formasi Pre-Caldera. Untuk lebih jelasnya keragaman batuan yang tersebar di kawasan Kamojang terdiri atas 8 litologi (satuan batuan).

Berdasarkan data litologi di atas (Gambar10.2), diketahui bahwa sebagian besar batuan di lapangan Kamojang merupakan jenis batuan andesit. Batuan ini memiliki kandungan $\delta^{18}O$ sekitar +6,5 ‰, Komposisi ini cukup rendah bila dibandingkan dengan komposisi $\delta^{18}O$ dari jenis batuan lain, seperti batuan karbonat dengan kandungan $\delta^{18}O$ sekitar +20 ‰ hingga +30 ‰ dan mineral kuarsa dengan kandungan $\delta^{18}O$ sekitar +9,0 ‰ hingga +10 ‰, maka terbentuk aktivitas hidrotermal pada beberapa litologi seperti lava andesit, debu vulkanik, tuf dan lain-lain. Hal ini dapat diketahui pula dari hasil pengamatan petrografi dari contoh inti dan serpihan beberapa sumur eksplorasi yang menunjukkan adanya proses-proses pembentukan panasbumi yang menghasilkan mineral-mineral secara melimpah.



Gambar 10-2. Peta Geologi wilayah Kamojang dan sekitarnya, Jawa Barat.



Gambar 10.3. Konseptual Model berupa Penampang Area Panas Bumi Kamojang seperti yang dimaksud pada Gambar 10.2 berupa garis putih berarah (SW-NE), (Sumber: PT Pertamina Geothermal Energi dalam http://igis.esdm.go.id/igis/img/Buku_Potensi_Jilid_1.pdf)

Mineral hidrotermal seperti illit, monmorillonit, kalsit, khlorit, pirit dan kuarsa muncul dengan melimpah. Mineral-mineral anhidrit dan walrakit muncul dengan jumlah menengah. Sedang mineral-mineral leukoxen, serisit, siderite, sphene, adularia, epidot dan pirhotit muncul dengan jumlah sedikit. Pemunculan melimpah dapat terlihat pada 150 meter sampai kedalaman suatu sumur. Sedang yang pemunculannya menengah dan jarang pada kedalaman lebih dari 600 meter. Khusus untuk anhidrit muncul pada kedalaman relative dangkal, maksimum 400 meter. Hadirnya mineral anhidrit menyatakan bahwa air di lapangan Kamojang kaya dengan sulfat.

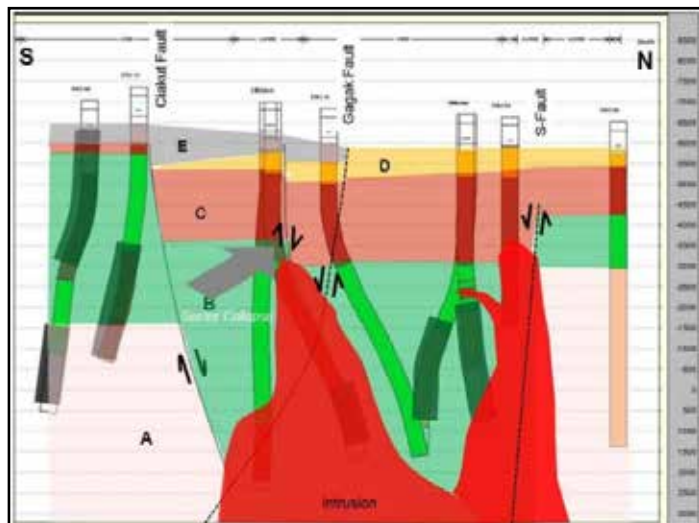
Mineral-mineral lain hasil proses pembentukan panasbumi seperti lempung, silika, kalsit dan pirit mempengaruhi batuan piroklastik berubah, lava andesit berubah serta breksi berubah, dan menjadikannya sebagai batuan tudung yang baik. Kehadiran mineral hidrotermal seperti albit dan epidot pada beberapa lapisan berpengaruh terhadap permeabilitas, sehingga membentuk zona berpori. Satuan batuan yang mempengaruhinya adalah lava andesit berubah, tuf berubah dan breksi berubah yang bertindak sebagai batuan reservoir. Dari paragenesa mineral-mineral hidrotermal, temperatur reservoir dapat diketahui mencapai 250°C, bahkan lebih besar. Browne dengan teknik yang sebanding telah mengukur temperatur reservoir lapangan Kamojang, hasilnya berkisar antara 230-300°C. Studi inklusi cairan pada contoh inti di lapangan Kamojang, mendapatkan harga temperatur 210-268°C. Hasil pengukuran temperatur di lapangan menunjukkan harga maksimum 240°C, sehingga dapat disimpulkan bahwa lapangan Kamojang saat ini dalam proses pendinginan.

Keberadaan struktur geologi yang berkembang di daerah sumur-sumur Kamojang berarah timurlaut-baratdaya dan baratlaut-tenggara. Struktur yang berarah timurlaut-baratdaya hadir dalam bentuk sesar geser, sedangkan yang berarah baratlaut-tenggara hadir dalam bentuk sesar normal (Gambar 10.4). Struktur-struktur tersebut memiliki kemiringan >80° dengan jurus 30°-40° dan 330°-340° (Bogie et al., 2008).

Struktur geologi dan kontak formasi yang berkembang di kawasan Kamojang berperan penting dalam mengontrol reservoir panas bumi. Kontak formasi dan

ketidakselarasan secara lateral lebih dominan mengontrol bagian Tengah (*Central Block*) walaupun tidak dikesampingkan pengaruh setting *rim structures* yang *step*-nya memisahkan Blok Tengah dengan Blok Barat Kamojang. Sementara struktur geologi berupa rangkaian sesar/patahan (*step of faults*) lebih dominan mengontrol di Blok Timur Kamojang dan menghasilkan temperatur reservoir pada kisaran 220-240°C dan permeabilitas 30-80 Darcy meter.

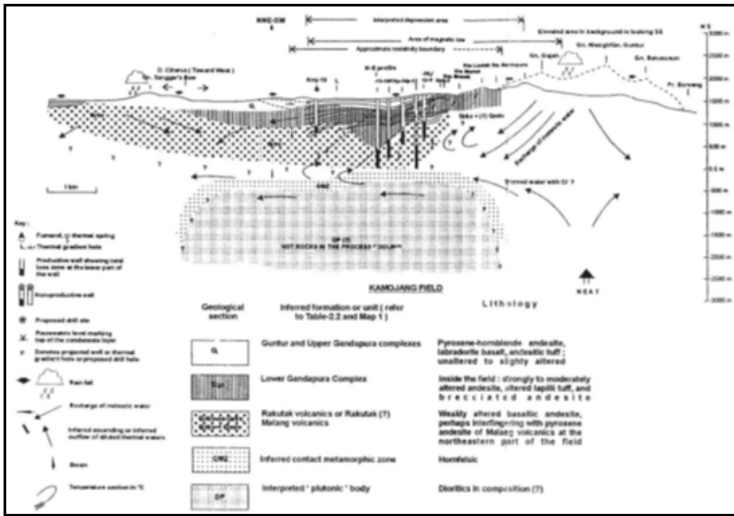
Distribusi permeabilitas batuan seperti di[perlihatkan pada Gambar 10.4 di atas sangat terkait dengan fenomena kontrol struktur feologi dan kontak formasi geologi (Team POKJA Kamojang, 2000). Dari evaluasi pemboran sumur-sumur Kamah, drr. (2003) menunjukkan bahwa reservoir Kamojang terdiri atas dua *feed zone* utama, yaitu *Feed Zone I* (FZ I) pada elevasi 700-800 m asl dan *Feed Zone II* (FZ II) pada elevasi 100-600 m asl. Produksi masing-masing 12-65 ton/jam @ WHP 15 Ksc untuk FZ I dan 30-87 ton/jam @WHP 15 Ksc untuk FZ II.



Gambar 10-4. Model Tenatif Area Kamojang . (Sumber PT Pertamina Geothermal Energi dalam http://igis.esdm.go.id/igis/img/Buku_Potensi_Jilid_1.pdf)

10.1.2. Manifestasi Panasbumi

Dari studi geologi dan geofisika lapangan panasbumi Kamojang (Sudarman, 1983) menguraikan peran hidrogeologi dalam manifestasi panasbumi seperti terlihat pada Gambar 10-5. Pada lapangan panasbumi Kamojang terdapat kompleks Guntur dan formasi Gandapura Atas (Q1) yang dicirikan oleh batuan padat dengan porositas moderat, permeabilitas relatif tinggi dan resistivitas menengah hingga tinggi. Terdapat airtanah dengan permukaan yang dangkal pada kedalaman 5 hingga 60 m. Airtanah ini diperkirakan merupakan percampuran antara airtanah yang dingin dan airtanah thermal yang naik pada akuifer yang kedalamannya diperkirakan kurang dari 100 m di bawah permukaan. Di bawah akuifer yang dangkal ini terdapat akuifer yang lebih dalam (lapisan kondensat) yang diperkirakan berada pada kedalaman antara 100 hingga 200 meter. Hal ini dapat diamati pada sumur KMJ-8, 9 dan 10.



Gambar 10-5. Penampang geologi (W-E) area Kamojang (Sudarman, 1983)

Temperatur puncak lapisan kondensat ini antara 50-70°C yang berada diantara formasi Q1 dan QGP. Formasi kompleks Gandapura (QGP) terdiri atas batuan andesit yang teralterasi moderat hingga tinggi. Ketebalan lapisan kondensat ini antara 350-550 meter. Bagian bawah lapisan kondensat ini diperkirakan memiliki temperatur antara 220-230°C. Formasi kompleks Gandapura ini merupakan lapisan yang produktif dan merupakan reservoir penting dua fase berada pada kedalaman 700 – 1200 m.

Manifestasi panas bumi di lapangan Kamojang terdiri atas pemunculan mata air panas, fumarol, lumpur panas dan tanah panas terdapat di Kawah Manuk, Kawah Berecek, Kawah Kamojang dan Kawah Saat, (Tabel 10.1). Temperatur fumarol tertinggi adalah 141°C terdapat di Kawah Cibereum kira-kira 700 m sebelah utara-timurlaut (NNE) dari daerah manifestasi yang di sebut sebelumnya.

Tabel 10-1. Manifestasi Permukaan Kamojang

LOKASI	JENIS	ELEVASI	SUHU (T°C)	PH
Citepus	Mata air panas	1452	60	6,5
Kawah Hujan	Fumarol	1694	96,4	4
Kawah Cikahuripan	Fumarol & mata air panas	1664	97,6	5
Kawah Manuk	Mata air panas	1670	93	4,5

Hampir seluruh manifestasi di daerah ini mempunyai debit dan pH yang rendah. Terdapat 5 sumur bor dengan kedalaman maksimum 128 meter dibor pada zaman Belanda (Stehn, 1929) dan salah satu diantara sumur itu adalah sumur KMJ-3 masih mengeluarkan uap dengan temperatur 140°C.

10.1.3. Kamojang, Awal Pemanfaatan Panasbumi di Indonesia

Mulanya pengembangan panasbumi di Indonesia khususnya di lapangan Kamojang terinspirasi keberhasilan Italia dalam memanfaatkan energi panasbumi. Memang Italia adalah negara pertama di dunia yang memanfaatkan energi panasbumi. Hal ini bermula ketika Pangeran Piero Ginori Conti pada 4 Juli 1904 menguji generator panasbumi pertama di Larderello, daerah selatan Tuscany. Kemudian pada 1911, di Valle del Diavolo, Larderello, dibangun pembangkit listrik tenaga panasbumi (PLTP) yang pertama. Perkembangan tersebut mendorong para ahli geologi, gunungapi, dan peminat kebumihan di Hindia Belanda untuk mencoba menggali potensi panasbumi di tanah jajahannya. Meskipun, sebenarnya kebutuhan tenaga listrik sebelum Indonesia merdeka itu bisa dikatakan relatif sedikit bahkan belum diperlukan.

J.Z. van Dijk adalah orang pertama yang mengusulkan gagasannya seperti di Itali. Ia menulisnya dalam majalah bulanan “Koloniale Studiën” (1918) dengan judul artikel “Krachtbronnen in Italie”. Di situ guru HBS di Bandung itu menitikberatkan perhatiannya pada potensi panasbumi dari gunungapi dengan acuan pengalaman yang telah dilakukan di Italia. Meski demikian, catatan awal perihal sumber panas menunjukkan bahwa panasbumi sudah diamati sejak lama sebelum van Dijk menulis. Buktinya, Franz Wilhelm Junghuhn mengamanatkan atas 23 sumber air panas di Java, *deszelfs gedaante, bekleeding en inwendige structuur* (1854).

Selanjutnya, Berend George Escher mengeritik van Dijk. Dalam tulisannya, “*Over de Mogelijkheid van Dienstbaarmaking van Vulkaan Gassen*” (dimuat dalam *De Mijningenieur*, 1920), menyatakan bahwa sebagian besar lapangan solfatara di Hindia Belanda berada di ketinggian, wilayah yang datarnya sedikit, sementara proses pengeboran di wilayah gunungapi sangat sulit dilakukan karena solfatara bersifat korosif. Namun, N.J.M. Taverne (dalam “*Omzetting van vulkanische in elektrische energie*,” *De Mijningenieur*, Jg. 6, 1925) lebih optimis ketimbang Escher. Dalam tulisannya, Taverne memperlihatkan keberhasilan orang Italia mengelola panas bumi di Larderello. Itu sebabnya, pada Februari 1926, *Volcanologische Onderzoek* mengadakan pengeboran eksplorasi di lapangan fumarola Kawah Kamojang.

Inilah yang dianggap sebagai upaya awal pengeboran eksplorasi panas bumi pertama di Hindia Belanda (Asosiasi Panasbumi Indonesia, 2004). Hal ini diperkuat dengan hasil penelitian Pusat Survei Geologi Hindia Belanda yang mengadakan pemetaan gunungapi berikut lapangan solfatara dan fumarolanya antara tahun 1900-1914 (Hochstein dan Sudarman, 2008). Dalam eksplorasi pada 1926, beberapa lubang di Kawah Kamojang menghasilkan geofluida, yaitu uap dan air panas. Hingga tahun 1928 telah dilakukan 5 pemboran eksplorasi panas bumi di kawah tersebut. Namun, lubang bor yang berhasil mengeluarkan uap hanya sumur KMJ-3 dengan kedalaman 66 meter. Sampai saat ini KMJ-3 masih menghasilkan uap alam kering dengan suhu 1400 C dan tekanan 2,5 atm.

Pada tahun 1928 pula, R.W. van Bemmelen yang pada tahun 1927 mengunjungi Larderello menulis “*Over de toekomst an een met vulkanisches stroom gedreven centrale in Nederlandsch Indie*” dalam *De Mijningenieur* Jg. 9, 1928). Di situ, tampak

van Bemmelen sangat optimis dan mendukung gagasan pengembangan potensi panas bumi di wilayah gunungapi. Pada 1929, muncul lagi tulisan yang terkait dengan panas bumi Kamojang. Kali itu Ch. E Stehn menulis “Kawah Kamodjang” yang diperuntukkan sebagai panduan ekskursi pada Kongres Ilmu Pengetahuan Pasifik Ke-IV (*Fourth Pacific Science Congress*) di Batavia dan Bandung. Dalam tulisan tersebut, Stehn menghitung kapasitas panas bumi yang dihasilkan Kawah Kamojang.



Gambar 10.6.
Panasbumi Kamojang,
PLTP pertama di
Indonesia. (Sumber
foto: Nanang,
Wijayanto, 2020).

Pengusahaan panas bumi di Hindia Belanda Nampak tidak berkembang setelah tahun 1928. Kemudian setelah Indonesia merdeka, *Volcanologische Onderzoek* atau *Volcanological Survey* berubah menjadi Dinas Gunung Berapi atau Urusan Vulkanologi (1966), Sub-Direktorat Vulkanologi (1976), atau Direktorat Vulkanologi (1978). Lembaga kegunungapian pasca Indonesia merdeka itu kemudian mengadakan pengamatan lapangan panasbumi pada 1960-an, dengan bantuan PLN dan ITB.

Ada juga eksplorasi panasbumi yang dilakukan Misi Gunungapi UNESCO (*UNESCO Volcanological Mission*) ke Indonesia yang dimulai pada November 1964, berlanjut hingga Januari 1965. Eksplorasi hanya dilakukan di Jawa dan Bali, di antaranya mencakup Kawah Kamojang, dan Pegunungan Dieng. Misi ini berakhir pada Januari 1965 karena keluarnya Indonesia dari PBB (Panasbumi: Energi Kini dan Masa Depan, 2004). Selanjutnya 1968, lembaga kegunungapian di Indonesia menyelesaikan pengamatan atas potensi panasbumi di Jawa, Bali, dan Lampung. Adapun eksplorasi panas bumi yang melibatkan pihak asing dimulai lagi dengan adanya Misi Eurafrep. Saat itu, para peneliti berasal dari Vulkanologi, ITB, PLN, dan Eurafrep. Mereka menyelidiki potensi panasbumi di Kamojang, Dieng, Bayah-Sukabumi (Cisolok-Cisukarame), Gunung Tampomas (Sumedang), Gunung Karang (Banten), Gunung Kromong (Cirebon), dan Pegunungan di Bali.

Pada tahun 1971, utusan Geothermal Energy Ltd (GENZL) dari Selandia Baru mengunjungi beberapa lapangan panas bumi yang sebelumnya telah diamati dan diselidiki. Hasilnya, ada proyek bantuan bilateral Colombo Plan. Selama periode 1971-1974, eksplorasi-eksplorasi awal pun dilakukan, antara lain, di Kamojang

yang merupakan perkembangan cukup penting khususnya di tahun 1974. Saat itu, Pertamina dengan PLN mengembangkan pembangkit tenaga listrik sebesar 30 MW. Sebuah sumur eksplorasi berkedalaman 600 meter dibuat. Sumur itu menghasilkan uap yang dapat dikembangkan menjadi energi listrik. Pengembangan ini selesai tahun 1977. Selain itu, Pertamina juga membangun sebuah monoblok dengan kapasitas total 0,25 MW di lapangan Kamojang, yang diresmikan Mentamben Subroto pada 27 November 1978. Turbin berkekuatan 250 kW dipasang untuk menghasilkan listrik dengan menggunakan uap dari sumur KMJ-6.

Pada 1997, ada penundaan Proyek Pengembangan Kamojang setelah terbitnya Keppres No. 39/1997. Selanjutnya, antara tahun 2003-2007, ada pengembangan PLTP Unit IV (60 MWe). Oleh karena itu, hingga 2007, empat unit pembangkit telah dibangun di Kamojang dan keseluruhannya menghasilkan 200 MW tenaga listrik.

Tentang pengelolanya sendiri, ada perubahan. Dengan terbitnya UU No. 27/2003 tentang panas bumi, PT Pertamina tidak lagi memiliki hak monopoli dalam pengusahaan energi panas bumi di Indonesia. Selanjutnya, melalui Peraturan Pemerintah (PP) No. 31/2003, Pertamina diharuskan mengalihkan usaha panasbumi ke anak perusahaannya. Untuk itu PT Pertamina membentuk PT Pertamina Geothermal Energy (PT PGE) sebagai anak perusahaan yang bisa mengelola kegiatan usaha di bidang panasbumi sejak tahun 2006. Kamojang pun tidak terlepas dari PT PGE, sehingga dikenal sebagai PT Pertamina Geothermal Energy Area Kamojang (PGE-AK).

Demikian pula dengan PLN. Kini pengusahaan pembangkitan listrik PLTP Kamojang ada di bawah PT Indonesia Power, anak perusahaan PLN. Perusahaan yang semula bernama PT Pembangkitan Jawa Bali I (PT PJB I) dan didirikan 3 oktober 1995 itu kemudian berubah nama menjadi PT Indonesia Power pada 3 Oktober 2000. PLTP Kamojang di bawah PT Indonesia Power dikenal sebagai Unit Bisnis Pembangkitan (UBP) Kamojang, yang mempunyai tiga Sub Unit Bisnis, yaitu Kamojang (140 MW), Darajat (55 MW), dan Gunung Salak (180 MW). Kemudian, PGE-AK mengoperasikan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Kamojang Unit 5 pada Juli 2015. Pembangunan pembangkit berkapasitas 30 MW itu mulai dilakukan pada Januari 2013. Ini ditandai dengan penandatanganan prasasti yang dilakukan di Gedung Dipa Bramanta Kantor PGE-AK oleh Menteri ESDM Jero Wacik pada tanggal 12 Januari 2013.

10.1.4. Program Konservasi Alam

PLTP Kamojang mempunyai komitmen kuat dalam konservasi dan perlindungan keanekaragaman hayati. Berdasarkan Surat Keputusan General Manager PLTP Kamojang SK001/PGE240/2018-S0 tanggal 21 April 2018, PLTP Kamojang ditetapkan sebagai area yang akan dilindungi keanekaragaman hayatinya. PLTP Kamojang secara khusus berpartisipasi aktif dalam konservasi keanekaragaman hayati melalui pembangunan Pusat Konservasi Elang Kamojang (PKEK) seluas 11,4 hektar di Kawasan Taman Wisata Alam Kamojang.

Untuk mendukung perlindungan flora serta memenuhi UU No.5 Tahun 1990 tentang konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistemnya, PLTP Kamojang menerapkan program unggulan 5P, yakni pembibitan, pengomposan, penanaman, pemeliharaan, dan pemantauan. Pelaksanaan program melibatkan pemangku kepentingan, baik pemerintah, Perusahaan maupun masyarakat sekitar. Tujuannya untuk melindungi flora endemik dan mempertahankan ekosistem di wilayah hutan konservasi dan hutan wisata alam, yang berdampingan dengan WKP Perusahaan.

PLTP Kamojang mengembangkan PKEK yang dibangun sejak tahun 2014, dan dikelola secara kolaboratif bersama Balai Besar Konservasi Sumber Daya Alam (BBKSDA) Jawa Barat, serta Forum Raptor Indonesia sebagai pengelola teknis. PKEK merupakan pusat rehabilitasi elang terbesar di Indonesia, dan menjadi pusat rehabilitasi elang pertama di Indonesia yang menggunakan standar internasional terbaru dari IUCN, yaitu *Guidelines for Reintroduction and Other Conservation Translocation* yang dirilis tahun 2013. Selain itu, desain klinik dan kandang menggunakan standar *International Wildlife Rehabilitation Council dan Global Federation of Animal Sanctuary*.



Gambar 10.7. Pusat Konservasi Elang Kamojang: Upayakan Peningkatan Populasi Elang di Penjuru Indonesia. (Sumber foto: Afina Nurul, 2016).

10.1.5. Pengembangan Geowisata

Fungsi utama Panasbumi Kamojang adalah dimanfaatkan sebagai pembangkit tenaga listrik yang dikelola oleh PLTP Kamojang yang mulai beroperasi dan diresmikan untuk Unit 1 oleh Presiden Soeharto pada 7 Februari 1983. Disusul Unit 2 dan 3 pada bulan Juli dan November 1987. Kini, selain dimanfaatkan untuk tenaga listrik, juga dimanfaatkan sebagai objek geowisata.

Hal yang unik dan menarik dari Kamojang sebagai objek geowisata telah diidentifikasi meliputi sejarah dan keunikan keragaman geologi seperti yang dijelaskan di atas. Adapun yang menjadi modal dasar bahan interpretasi geowisata, diantaranya adalah:

- Sebagai lokasi eksplorasi panasbumi pertama di Hindia Belanda (Asosiasi Panasbumi Indonesia, 2004). Hal ini diperkuat dengan hasil penelitian Pusat Survei Geologi Hindia Belanda yang mengadakan pemetaan gunungapi berikut lapangan solfatara dan fumarolanya antara tahun 1900-1914 (Hochstein dan Sudarman, 2008). Dalam eksplorasi pada 1926, beberapa lubang di Kawah Kamojang menghasilkan geofluida, yaitu uap dan air panas. Hingga tahun 1928 telah dilakukan 5 pemboran eksplorasi panas bumi di kawah tersebut. Namun, lubang bor yang berhasil mengeluarkan uap hanya sumur KMJ-3 dengan kedalaman 66 meter. Sampai saat ini KMJ-3 masih menghasilkan uap alam kering dengan suhu 1400 C dan tekanan 2,5 atm.
- Unit Bisnis Pembangkitan Kamojang merupakan pembangkit tenaga listrik yang menggunakan energi panas bumi sebagai penggerak utama, satu-satunya dan terbesar di Indonesia. UBP Kamojang mempunyai 3 Sub Unit Bisnis Pembangkitan, yaitu Sub UBP Kamojang, Sub UBP Darajat dan Sub UBP Gunung Salak.
- Sebagai energi alternatif, panas bumi memiliki beberapa keunggulan: mudah didapat searah kontinyu dalam jumlah besar, ketersediaannya tidak terpengaruh oleh cuaca, bebas polusi udara karena tidak menghasilkan gas berbahaya (kecuali CO₂ yang bisa dimanfaatkan menjadi non-condensable gas) serta merupakan energi yang dapat diperbarui. Selain itu, proses pemafaatannya relatif sederhana, sehingga energi yang dibutuhkan lebih murah.
- Kawah keretaapi” yang sebenarnya bekas sumur panas bumi pada zaman Belanda. Uap yang keluar dari sumur ini terdengar nyaring dari jarak 200 meter, hal ini menunjukkan betapa kuatnya tekanan dari perut Bumi. Menariknya ketika dilakukan aktraksi memperbesar tekanan uap yang biasa dilakukan oleh salah satu penunggunya, yaitu Abah Omo. Beliau masuk ke area sumur sambil membawa sebilah bambu dan rokok. Dengan teknik tertentu, dia meletakkan bilah bambu dan mengembuskan rokok sehingga terdengar bunyi seperti suara lokomotif keretaapi uap zaman dahulu. Oleh karena itu dinamakan Kawah Keretaapi.

Gambar 10.8. Aktraksi Abah Omo untuk membunyikan suara kawah keretaapi



- Sebagai obyek geowisata Mandi Uap, konon, mandi uap disana berkhasiat menghilangkan sejumlah penyakit, seperti tekanan darah tinggi, sakit-sakit persendian, dan rematik. Mandi uap tersebut cukup dilakukan selama 10 menit, sudah cukup mandi keringat dan menyehatkan badan. Tidak jauh dari Kawah Kereta, melalui jembatan kecil yang disampingnya ada sumber mataair panas (*fumarol*), terdapat sebuah sauna alami untuk mandi uap panas dan Abah Koko, sebagai juru kunci Kamojang siap ‘mengatur’ suhu serta arah uap melalui indera keenamnya.

10.2. PANASBUMI DARAJAT

Lapangan Darajat terletak di sepanjang sisi timur pegunungan dari pusat vulkanik hampir 30 km panjangnya yang meliputi gunung berapi aktif Gunung Papandayan (terakhir meletus di November 2002) dan Gunung Guntur (terakhir meletus tahun 1840). Darajat berada pada ketinggian 1750–2000 meter di atas laut tingkat, dan terletak sekitar 9 kilometer barat daya produksi Lapangan panas bumi Kamojang, dan 10 km sebelah timur lapangan panas bumi Wayang Windu (Gambar 10.9).

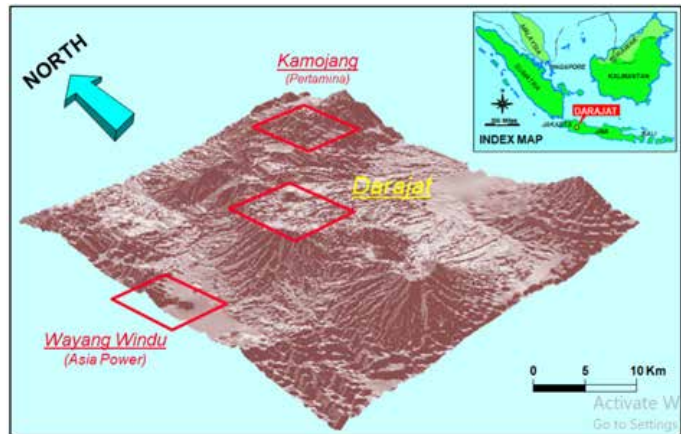
Secara geografis letak wilayah kerja Lapangan Panasbumi Darajat berada pada koordinat 7°11'9" LS sampai 7°15'40" LS, dan 107°41'54" sampai 107°45'40" BT. Secara administrasi, PLTP Derajat terletak di antara Kabupaten Garut dan Kabupaten Bandung, Jawa Barat, terletak sekitar 20 km sebelah barat Kota Garut.

10.2.1. Geologi Panasbumi Darajat

Lapangan panasbumi Darajat terletak di bagian timur Gunung Kendang yang merupakan bagian dari rangkaian pegunungan Kuartar sepanjang 25 kilometer, dari Gunung Papandayan disebelah barat daya sampai Gunung Guntur di sebelah timur laut Demikian juga, Lapangan Kamojang berada pada rangkaian pegunungan ini (Gambar 10.9). Lapangan Panasbumi Darajat berada di lokasi pegunungan di sekitar Desa Padawaas, Kecamatan Pasirwangi Garut dengan ketinggian rata-rata adalah 1920 mdpl, dengan konfigurasi umum area yang berbukit dan berlembah dengan tingkat kemiringan area yang kira-kira curam dan stabilitas tanah yang cukup patut serta daya serap tanah yang cukup.

Keadaan tersebut di atas disebabkan lapangan Panasbumi Darajat sangat dipengaruhi oleh proses geologi dan geomorfologi, baik secara eksogen maupun endogen. Proses eksogen berupa pelapukan dan erosi diakibatkan oleh kontak langsung batuan dengan panas matahari serta angin dan hujan. Sedangkan proses endogen yang dapat diakibatkan oleh aktifitas vulkanisme yang masih berlangsung hingga saat ini seperti kawah-kawah yang masih aktif dan sering terjadi gempa-gempa mikro yang masih sering terjadi dan hal tersebut tercatat Pos Gunung Api terdekat. Dengan kondisi tersebut, maka keadaan geomorfologi daerah Panas bumi Darajat dapat dibagi menjadi dua bentuk asal, yaitu bentuk asal vulkanik dengan satuan bentuk lahan lereng vulkanik atas (V3), lereng vulkanik tengah (V4), lereng vulkanik bawah (V5), lapangan fumarol (V17) dan bentuk asal struktural dengan satuan

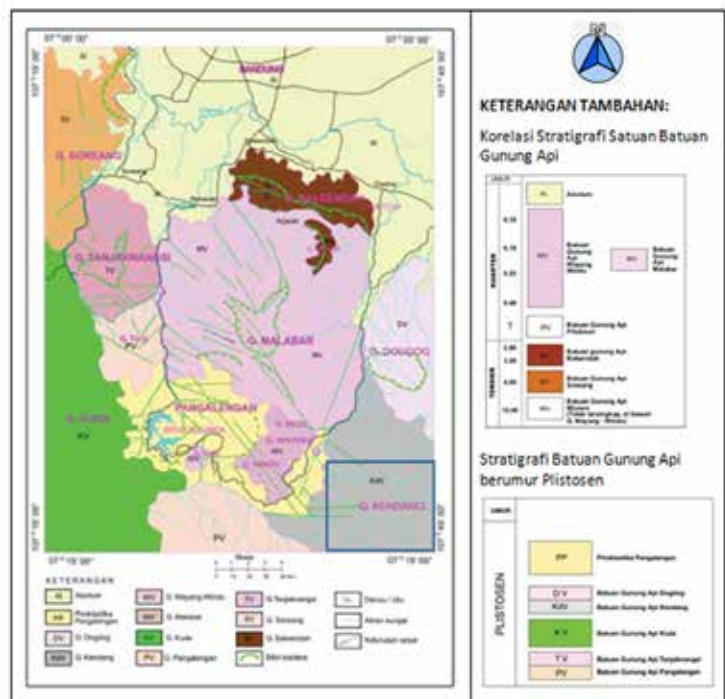
Gambar 10.9. Peta Fisiografi Lapangan Panasbumi Darajat dan sekitarnya.



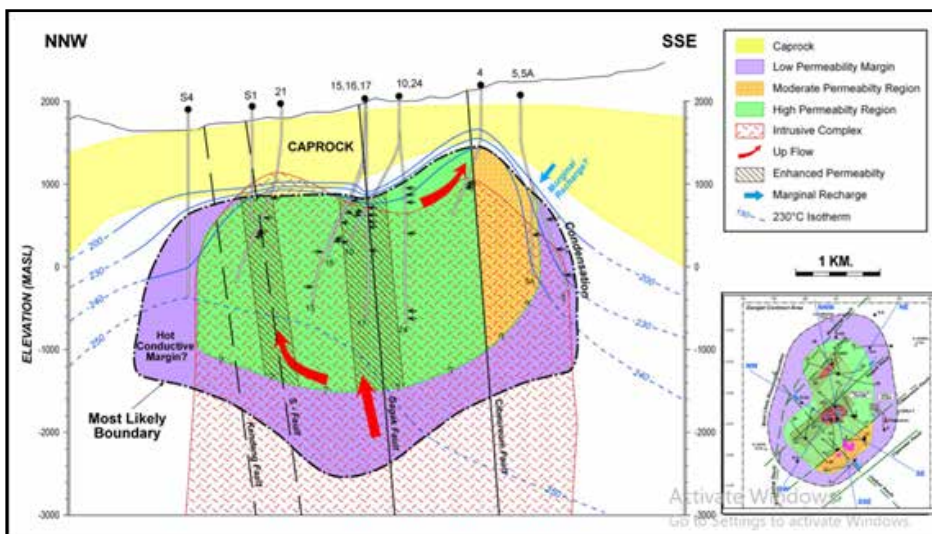
bentuk lahan gawir garis sesar (S1). Pola pengaliran yang berkembang pada daerah Lapangan Panasbumi Darajat adalah radial.

Batuan penyusun wilayah Pegunungan Selatan Cekungan Bandung, dapat mengacu pada hasil pemetaan Bronto drr., (2006), yang membagi 9 satuan berdasarkan atas sumber asal erupsi gunungapi ditambah satuan batuan piroklastik Pangalengan dan Endapan Aluvium. Seluruh satuan batuan dan endapan tersebut menumpang di atas batuan gunungapi Miosen ($12,0 \pm 0,1$ juta tahun yang lalu) yang berada di bawah permukaan, (Gambar 10.10).

Gambar 10.10. Peta Geologi daerah Bandung Selatan (modifikasi dari Silitonga, 1973). Kotak biru di sudut kanan bahwa adalah Gunung Kendeng tempat manifestasi panasbumi Darajat berada.



Sedangkan keadaan geologi bawah permukaan khususnya pengaruh struktur geologi yang berkembang. Menurut Joandry Sandy, dr., (2015), pola struktur geologi yang berkembang seperti yang terlihat pada Gambar 10.11, memperlihatkan sistem panasbumi lapangan Darajat adalah sistem panasbumi dengan dominasi uap (*vapour dominated*). Sistem dominasi uap dicirikan oleh *recharge* yang kecil (permeabilitas batuan di sekitarnya kecil), dan permeabilitas batuan reservoir yang besar (*fracture permeability*). Proses pembentukan alterasi hidrotermal di daerah penelitian dimulai dari adanya interaksi fluida ar yang masuk ke bawah permukaan secara infiltrasi melalui batuan berpori dan celah terbuka (sesar dan kekar) yang kemudian berinteraksi dengan sumber panas dari aktifitas vulkanik (batuan plutonik) menghasilkan fluida hidrotermal dan steam. Alterasi hidrotermal di Desa Mekarjaya dan sekitarnya berdasarkan kandungan mineralnya dibagi menjadi dua tipe alterasi yaitu alterasi argilik dan alterasi propilitik



Gambar 10.11. Penampang melintang yang menunjukkan model konseptual geologi yang diperbarui.

Sedangkan menurut Sri Rejeki, dr., (2010) hubungan antara permeabilitas dan struktur geologi tidak selalu jelas. Tiga zona sesar yang berbeda telah diidentifikasi berdasarkan hasil pengeboran. Sesar Gagak merupakan zona permeabilitas reservoir yang ditingkatkan yang telah berfungsi sebagai target pengeboran penting untuk banyak sumur produksi. Sweet spot permeabilitas lainnya adalah area di sebelah timur sesar Kendang, yang tampaknya terkait dengan kelurusan yang ditentukan oleh peristiwa MEQ. Banyak dari sumur terbaik di lapangan telah ditargetkan untuk fitur ini. Sekarang dikenal sebagai “S-fault”, keberadaan zona permeabilitas tinggi ini ditunjukkan dengan kesejajaran zona umpan yang dipotong oleh sumur DRJ21, 28, 29 dan 30RD.

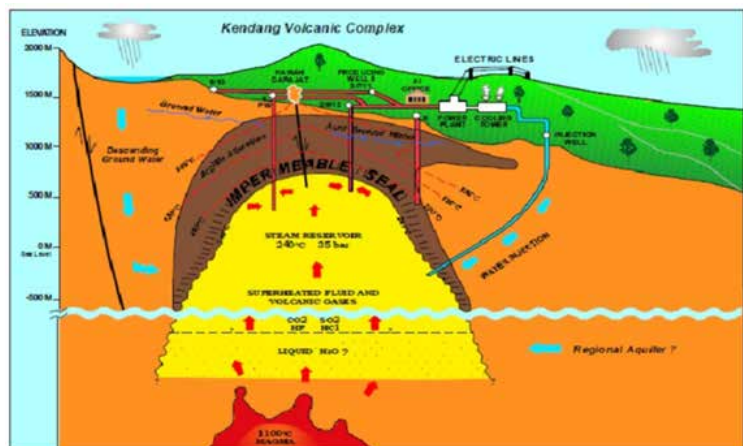
Daerah produktivitas yang lebih rendah di sebelah timur sesar Cibereum adalah ciri khas ketiga. Sumur yang dibor di bagian lapangan ini mengalami tekanan

reservoir awal yang lebih rendah, dan menghasilkan uap dengan konsentrasi NCG yang lebih tinggi. Berdasarkan data tekanan dan kimiawi, wilayah ini berada di jalur aliran keluar sistem. Sesar Cibeureum kemungkinan merupakan penghalang permeabilitas parsial yang memisahkan wilayah ini dari wilayah yang bersuhu lebih tinggi, wilayah yang lebih permeabel di barat. Peran sesar Ciakut berarah NW-SE juga belum dipahami dengan baik. Hasil pengeboran tidak jelas apakah kesalahan ini memberikan peningkatan permeabilitas ke sistem. Namun, ada indikasi dalam data sumur dari DRJ S3 dan DRJ 5 bahwa sesar ini bisa menjadi jalan potensial untuk pengisian ulang marjinal ke dalam sistem. Gambar 10.11 menunjukkan integrasi semua data ke dalam model konseptual geologi.

10.2.2. Manifestasi Panasbumi Darajat

Berdasarkan Konseptual Model Sistem Panasbumi Gambar 10.12, Lapangan Darajat merupakan sistem geothermal yang didominasi oleh uap panas yang dikontrol oleh struktur didalam kawasan Kendang vulkanik kompleks. Awal dari konseptual model yang dibentuk menunjukkan adanya sistem aliran uap panas vertikal (*upflow*) yang terletak di bagian Utara (Pad S1) dan mengalir ke luar (*outflow*) ke arah Tenggara dan Timur menghasilkan beberapa bentuk manifestasi di permukaan. Ketebalan reservoir yang produktif mencapai hingga ~1220 meter (~4000 feet), terdapat dalam batuan lava andesit, intrusi microdiorit dan pyroclastik dengan sebaran yang terbatas. Terdapat tiga bentuk manifestasi termal di permukaan, yaitu:

Gambar 10.12. Konseptual Model Sistem Panas Bumi Lapangan Darajat



- **Mata Air Panas (*Hot Spring*)**, merupakan aktifitas panasbumi yang paling umum dijumpai. Mata air panas berlokasi muncul dari sistem geotermal yang mencapai permukaan, sehingga dengan menghitung / diperkirakan besaran keluaran energi panas (*thermal energy - output*) dari reservoir di bawah permukaan.
- **Mata Air Panas Yang Mendidih (*Boiling Pool*)**, layaknya seperti *Hot Spring*, akan tetapi mempunyai titik didih yang lebih tinggi, disertai dengan semburan dan letupan kecil yang disebabkan karena adanya *non condensible gas* seperti

CO₂.

- **Fumarol**, merupakan hembusan uap air (H₂O) melalui lubang atau celah, terkadang bisa *dry steam* maupun *wet steam*. Di daerah penelitian, karena merupakan sistem dominasi uap, maka dapat memancarkan uap panas basah (*wet steam*) juga uap panas kering (*dry steam*), memancarkan uap bertemperatur tinggi, yaitu sekitar 100°C – 150°C.
- **Solfatara**, hampir sama dengan fumarol, akan tetapi yang menjadi pembeda adalah solfatara mengandung gas H₂S dan endapan belerang.
- **Kubangan Lumpur Panas (*Mud Pool*)**, kolam lumpur yang kenampakannya sedikit mengandung uap dan gas CO₂, tidak berasal dari kondensasi, umumnya fluida berasal dari kondensasi uap. Penambahan cairan lumpur uap menyebabkan gas CO₂ keluar sehingga menghasilkan letupan-letupan.

Dari semua manifestasi panasbumi tersebut, sebagian besar berupa fumarol yang berasosiasi dengan sistem geothermal, yaitu Kawah Cibeureum, Kawah Manuk dan Kawah Darajat. Temperatur dari reservoir pada kondisi sekarang, rata-rata mencapai 230°C dengan tekanan sekitar 28 bars (405 psi).

10.2.3. Pemanfaatan Sebagai PLTP Darajat

Star Energy Geothermal Darajat II Limited (SEGD II) bekerja dalam kemitraan dengan Pertamina Geothermal Energy dan PLN (Listrik). SEGD II memasok uap panas bumi ke pembangkit listrik sebesar 55 MW yang dioperasikan oleh PLN. SEGD II juga memasok uap panas bumi dan mengoperasikan total 216 MW, memberikan kontribusi daya listrik ke jaringan Jawa-Madura-Bali. Operasi komersial proyek panas bumi Darajat, yang berlokasi di Kabupaten Bandung dan Kabupaten Garut Jawa Barat, dimulai pada November 1994 dengan kapasitas mendekati 145 MW. Dengan selesainya peningkatan Unit III pada tahun 2009, total kapasitas Darajat naik dua kali lipat menjadi 271 MW.



Gambar 10.13.
PLTP Darajat yang berad di perbatasan Kabupaten Garut dan Kabupaten Bandung, Jawa Barat.

Sistem panasbumi Darajat merupakan sistem dengan dominasi uap kering (*vapor dominated*). Batuan reservoir terutama batuan vulkanik dengan rekahan-rekahan yang membentuk reservoir yang homogen. Sumur-sumur di Darajat terutama memproduksi uap kering dengan kandungan gas rata-rata 1,5 persen berat. Perhitungan volumetrik menunjukkan jumlah cadangan yang cukup untuk memasok Unit I, Unit II dan Unit III dengan Jumlah Total sekitar 260 Mwe.

Hingga kini, 33 sumur berdiameter sedang hingga besar telah di bor di Lapangan Panasbumi Darajat. Sumur-sumur tersebut terdiri atas 28 sumur produksi, 2 sumur reinjeksi, 2 sumur sub-komersial, dan 1 sumur yang ditutup-matikan. Kedalaman sumur-sumur tersebut bervariasi dari 760 meter hingga 2800 meter kedalaman terukur. Sumur-sumur di Darajat adalah sumur uap kering dengan tekanan reservoir 35 Bargauge dan temperatur dasar sumur 240°Celsius.

10.2.4. Program Konservasi Alam

Program konservasi yang dilakukan di Lapangan Panasbumi Darajat, diantaranya adalah konservasi air tanah dan konservasi hutan. Kedua program konservasi ini dilakukan dalam rangka keberlanjutan pasukan energi listrik di Indonesia.

A. Sistem Injeksi Kondesat

Steam dari Lapangan Panas bumi Darajat merupakan jenis uap kering (*drysteam*). Pembangkit listrik dengan menggunakan bahan baku panas bumi mempunyai beberapa kelebihan diantaranya menggunakan bahan baku yang terbarukan (*renewable*), berkelanjutan karena kondesat yang dihasilkan diinjeksikan kembali ke geothermal reservoir untuk menghasilkan uap kembali. Dengan demikian tidak ada limbah cair industri, proses operasi yang bersih dan ramah lingkungan karena tidak ada pembakaran fosil, sehingga dapat mengurangi udara emisi dan pemakaian sumber daya air.

Teknologi ini sangat bermanfaat untuk pemenuhan kebutuhan listrik nasional, mereduksi gas rumah kaca, menekan konsumsi bahan bakar fosil, kontribusi energi untuk inter koneksi mengembangkan cadangan energi panas bumi, dan mengurangi pemakaian bahan bakar fosil. Ini telah diterapkan di desa Padawas, Kabupaten Garut – Jawa Barat. Lapangan Panas bumi Darajat ini dikategorikan sebagai sistem dominasi uap atau vapour dominated system, yaitu sistem panas bumidimana sumur-sumurnya memproduksi uap kering. Hal ini dikarenakan rongga-rongga batuan reservoir-nya sebagian besar berisi uap panas. Uap panas yang dihasilkan dari beberapa sumur (well) di lapangan panas bumi.

Darajat sudah mencapai tingkatan uap sangat jenuh (*superheated steam*). Diperkirakan 35% batuan reservoirnya berisi air panas, sedangkan rongga-rongga lainnya berisi uap. Dalam sistem dominasi uap tekanan dan temperatur umumnya relatif tetap terhadap kedalaman. Pemanfaatan energi panas bumi dapat dilakukan dengan cara konvensional ataupun dengan pemanfaatan panas

batuan kering.

Uap dari sumur dilewatkan pada katup pengatur tekanan PCV dialirkan ke bejana tekan scrubber untuk menaikkan kekeringan, kemudian uap dialirkan ke turbin setelah melalui alat ukur venturi dan menuju turbin memutar generator menghasilkan listrik. Uap panas dari turbin mengalir kecondenser sehingga mengalami kondensasi dengan bantuan air yang bersumber dari cooling tower. Condenser bertugas menjaga tekanan disisi buangan turbin tetap rendah agar daya keluaran turbin sesuai rancangan. Gas yang tidak terkondensasi (NCG) di dalam uap dihisap oleh sistem pembuangan yang kemudian mengirimkannya ke cooling tower. Kipas pada cooling tower membantu menyebarkan gas yang tak terkondensasi ke udara bebas.

B. Konservasi Hutan

Hutan di sekitar Lapangan Panasbumi Darajat, menyimpan kekayaan alam yang tak ternilai harganya. Keanekaragaman hayati yang tinggi, merupakan ciri khas hutan Darajat sebagaimana fenomena ekosistem hutan-hujan-tropik lainnya di muka bumi. Dalam hutan Darajat tersimpan flora-fauna langka dan dilindungi, sehingga tidaklah aneh bila wilayah ini dikategorikan sebagai Hutan Lindung dan Cagar Alam. Dari hasil pengamatan selama ini, diketahui ada sekitar: 272 jenis tumbuhan (mulai dari lumut hingga pepohonan dan anggrek); 60 jenis burung (10 diantaranya dilindungi); 15 jenis hewan menyusui; 12 jenis ikan; 6 jenis reptil; 4 jenis amfibia; dll. Beberapa contoh dari hewan langka/dilindungi di Darajat adalah : macan tutul; elang; landak; dll. Keseluruhan flora-fauna dan faktor abiotik yang ada di Darajat, memiliki peran dalam kelestarian ekosistem hutan Darajat. Oleh sebab itu, kewajiban Chevron Geothermal Indonesia untuk menjalankan kegiatan operasinya secara efektif, efisien, aman dan akrab lingkungan dengan melibatkan komponen masyarakat yang ada disekitarnya.

10.2.5. Pengembangan Geowisata

Kawasan Panasbumi Darajat sangat layak sebagai tema utama kegiatan geowisata, karena daerah ini berada di kawasan dataran tinggi dengan udara yang sejuk dan masih asri dengan pemandangan dan nuansa yang masih terjaga alami. Juga wilayah ini memiliki tanah yang subur dan cocok untuk dijadikan lahan perkebunan dan adanya sumber mataair panas yang oleh warga setempat telah dijadikan pemandian air panas. Hal ini menjadi satu kesatuan daerah destinasi wisata alam yang potensial.

Lokasi persis Kawah Darajat adalah di pegunungan Desa Padawaas, Kecamatan Pasirwangi, Kabupaten Garut, Jawa Barat. Wisatawan yang datang dari arah Jakarta dapat melalui rute jalan tol Jakarta-Cikampek, lalu disambung ke ruas tol Purbaleunyi dan keluar di Cileunyi, Kabupaten Bandung. Perjalanan selanjutnya mengarah ke Nagrek dan masuk ke Kota Garut. Dalam kondisi lalu lintas jalan yang normal hanya membutuhkan waktu sekitar satu jam perjalanan dengan mobil dari Kota Garut menuju Puncak Darajat. Pada akhir pekan atau libur panjang, selain wisatawan

dari luar Garut, juga akan terlihat banyak wisatawan lokal yang berlibur dengan menumpang kendaraan bermotor seperti jenis pick up dan sepeda motor.

Pemandangan uap berwarna putih sudah menanti wisatawan ketika memasuki areal Kawah Darajat seluas sekitar 40 hektare itu. Suhu kawah bisa mencapai 118 derajat celcius, sedangkan suhu air sekitar 54 derajat celcius. Perjalanan menuju Puncak Darajat tidak terlalu sulit walau harus melewati jalan menanjak dan berkelok. Infrastruktur jalan yang tersedia cukup memadai. Permukaan jalan dapat dilintasi aneka kendaraan roda empat dengan jalan aspalnya yang cukup mulus.

Adapun tema-tema geowisata yang dapat dikembangkan di kawasan Panasbumi Darajat, diantaranya adalah:

- **Keberadaan PLTP**, merupakan salah satu dari potensi geowisata dengan tema sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Panasbumi terbesar yang berada di Indonesia di bawah kepemilikan Chevron Geothermai Indonesia. Saat inipun kegiatan geowisata panasbumi telah banyak dilakukan oleh berbagai komunitas dalam rangka memahami keberadaan panasbumi di wilayah Darajat dan tentunya kebermanfaatannya secara langsung maupun tidak langsung.
- **Mata Air Air Sebagai Sumber Kehidupan**, menjadi tema geowisata yang menarik dari sisi konservasi, karena mata air yang tersebar masih banyak digunakan makhluk hidup untuk keperluan sehari, seperti mandi, minum, mencuci, berkebun, dan keperluan sehari-hari lainnya. Keunikan mata air di daerah Darajat masih banyak yang keluar sendiri dengan cara memancarkan airnya tanpa mesti digali. Hal ini dikarenakan disekitarnya masih banyak hutan yang terjaga dengan baik.
- **Hutan dan Perkebunan**, merupakan potensi wisata hutan alami dan agrowisata yang telah berkembang harus terus dikembangkan secara maksimal. Keberadaan hutan lindung (*protected forest*) dan cagar alam (*nature reserve*), yang berfungsi sebagai daerah tangkapan air hujan (*recharge area*) sehingga masyarakat sekitar dapat memanfaatkan sumber air dengan maksimal merupakan daya tarik dari

Gambar 10.14. Puncak Darajat Pass, salah satu objek wisata yang menghadirkan air panas dan keindahan alam (Foto:IG-@syahrtirta).



sudut pandang konservasi air. Keberadaan lahan perkebunan teh dan lainnya, baik yang dikelola perusahaan maupun masyarakat setempat merupakan potensi agrowisata yang perlu terus dikembangkan sebagai peningkatan ekonomi masyarakat setempat. Oleh karena itu peran pemerintah daerah dan pengelola PLTP Darajat menjadi penting dalam percepatan pengembangan potensi geowisata agar masyarakat sekitarnya mendapatkan nilai tambah secara ekonomi, selain penghasilan dari kegiatan perkebunan dan pertanian yang selama ini digelutinya.

10.3. PANAS BUMI WAYANG WINDU

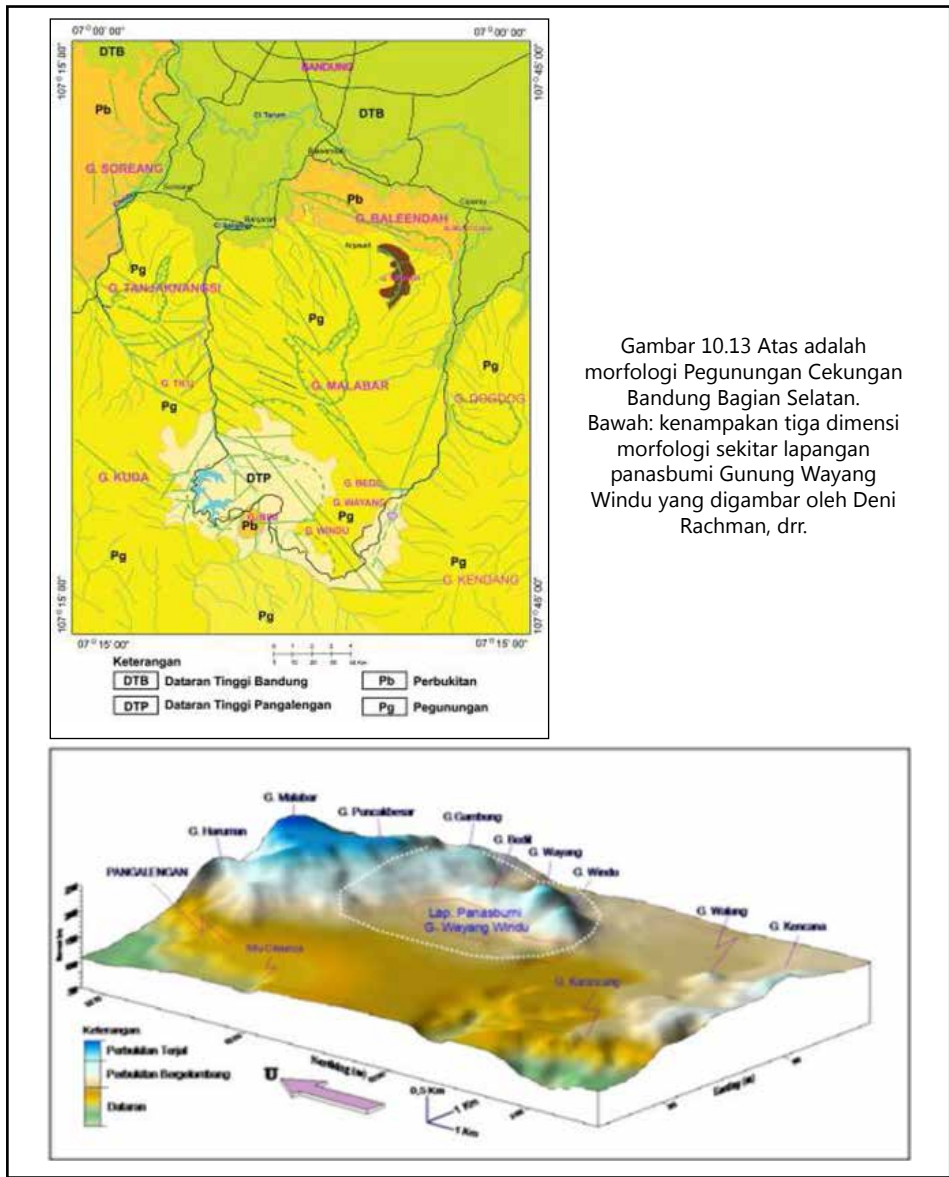
Lapangan Panas Bumi Wayang Windu terletak sekitar 40 km dari Kota Bandung, Jawa Barat, tepatnya di bagian selatan lereng Gunung Malabar (gunungapi strato besar berkomposisi andesitik) dan pada rangkaian gunungapi kecil yang membentang ke arah selatan, termasuk Gunung Bedil, Gunung Wayang, dan Gunung Windu.

10.3.1. Geologi Wayang Windu

Bentangalam Pegunungan Malabar mempunyai sebaran paling luas, sehingga secara keseluruhan mendominasi wilayah Cekungan Bandung. Berdasarkan Gambar 10.13, lapangan Panasbumi Wayang Windu itu sendiri terletak didataran tinggi Pangalengan dengan ketinggian antara 1.400 mdpl hingga 2.180 m dpl, yang dicirikan oleh geomorfologi berupa perbukitan terjal yang dibentuk oleh aliran dan kubah lava, perbukitan bergelombang, dan sebagian daerah dataran tinggi dengan vegetasi berupa hutan dan perkebunan Teh.

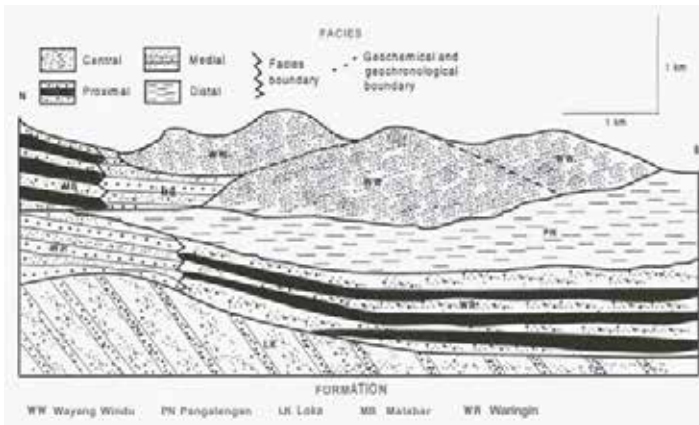
Puncak-puncak gunung api di daerah ini antara lain Gunung Malabar (2321 m), Tilu (2042 m), Tanjknangsi (1514 m), Bubut (1333 m, tinggian di sebelah utara Gunung Tanjknangsi), Wayang (2182 m), dan Windu (2054 m). Jauh di tepi barat terdapat puncak Gunung Kuda (2002 m), sedangkan di sebelah timur Gunung api Malabar terdapat deretan puncak Gunung Kendang (2817 m), Guha (2397 m), Kamasan (1815 m), dan Dogdog (1868 m). Pegunungan ini umumnya tersusun oleh batuan gunungapi muda berumur Kuartar, (M.W. Memed, 2012).

Kompleks Gunung Malabar yang berada pada zona pegunungan berkerucut, menjadi hulu dari aliran-aliran sungai kecil yang kemudian bermuara ke sungai utama di daerah dataran tinggi Cekungan Bandung Selatan yaitu Sungai Citarum. Hulu sungai yang dimaksud di mulai dari Situ Cisanti yang dikenal sebagai “Kilometer Nol” Sungai Citarum yang berada di sebelah barat Gunung Kendang dan Gunung Dogdog, kemudian mengalir ke utara hingga di Majalaya berbelok ke barat masuk ke Waduk Saguling. Cabang sungai besar Citarum di sekitar Wayang-Windu berada di bagian timur yaitu sungai Cihejo yang berhulu di lereng timur Gunung Malabar. Di bagian tengah adalah Sungai Cisangkuy yang berhulu di Situ Cileunca dan mengalir ke utara di sebelah barat Gunung Malabar. Cabang sungai besar paling barat adalah Sungai Ciwidey yang berhulu di Kawah Putih Gunung Patuha dan mengalir di tepi barat kota Soreang.



Gambar 10.13 Atas adalah morfologi Pegunungan Cekungan Bandung Bagian Selatan. Bawah: kenampakan tiga dimensi morfologi sekitar lapangan panasbumi Gunung Wayang Windu yang digambar oleh Deni Rachman, dr.

Menurut Bogie I, (1998), geomorfologi kawasan Wayang-Windu sendiri memiliki karakteristik bentuk lahan yang berbeda-beda, meliputi dataran tinggi, perbukitan, dan pegunungan (Gambar 10.14). Karakteristik ini karena dibentuk oleh proses *form of volcanic origin* (bentukan vulkanik) berupa batuan beku, material permukaan liat pasir, dengan kondisi drainase baik dengan jenis tanah umumnya memiliki rata-rata kohesi tanah senilai 6, 55 kN/m², sudut geser dalam 27, 83 derajat, bobot isi basah 14,02 kN/m³, kadar air dalam tanah sebesar 58,08 % dan sudut kemiringan lereng 43 derajat (curam). Lereng ini menurut metode fellenius memili nilai 0,856 sehingga masuk kategori tidak stabil.

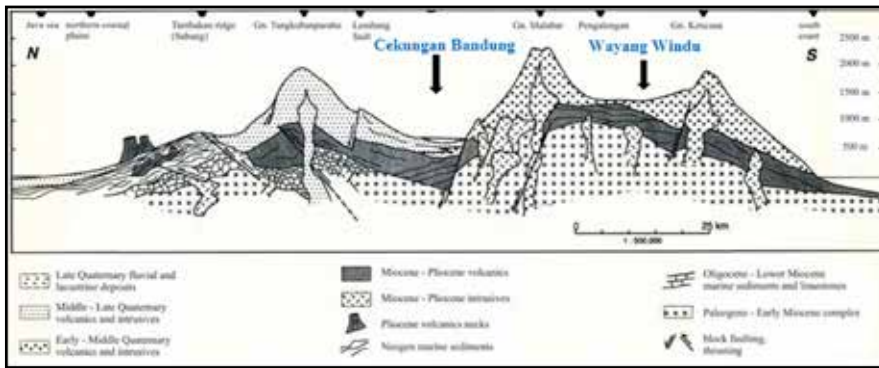


Gambar 10.14. Penampang melintang utara-selatan dari sistem panas bumi Wayang Windu menunjukkan hubungan antara fasies vulkanik dan formasi yang membentuk kondisi permukaan atau morfologi, (Sumber Bogie I, 1998).

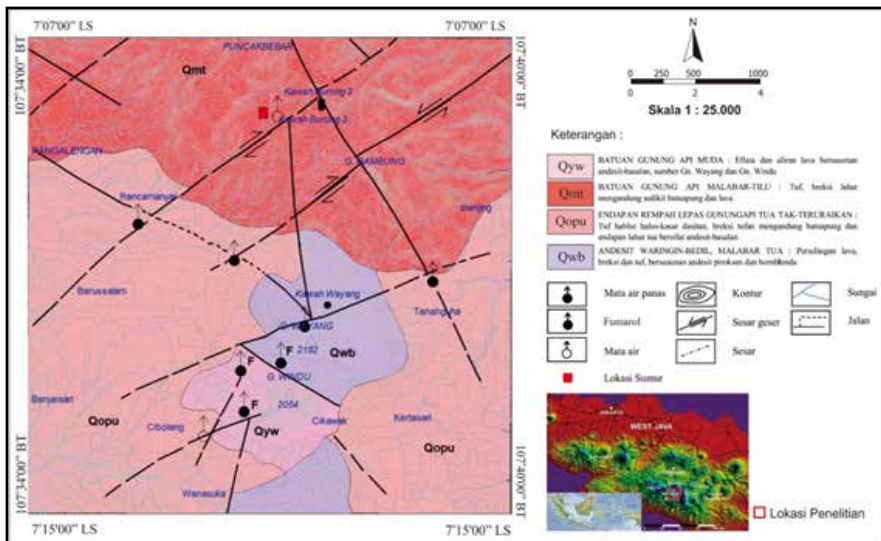
Dam (1994) menyatakan bahwa vulkanik Kuartar menutupi vulkanik Miosen-Pliosen dan kompleks batuan Paleogen-Miosen Awal di pegunungan selatan Cekungan Bandung, seperti diperlihatkan pada Gambar 10.15, yang menunjukkan bahwa Kompleks Gunung Malabar membatasi zona Dataran Tinggi Bandung dengan Pegunungan Selatan Jawa Barat, dimana Gunung Malabar menutupi bagian utara Pangalengan (bagian tengah dari Pegunungan Selatan Jawa Barat) dan mengubur sesar diantara Plato Pangalengan (1.400 mdpl) dengan Plato Bandung (700 mdpl). Di dalam Kompleks Gunung Malabar tersebut terdapat Gunung Wayang dan Gunung Windu yang keduanya adalah tempat munculnya panasbumi, (Gambar 10.15).

Mengacu pada hasil pemetaan geologi Pegunungan Bandung Selatan yang dilakukan Bronto dr., (2006), batuan penyusun wilayah Wayang-Windu terdiri atas: 1) Satuan Batuan Gunung Windu (WiV), tersusun atas litologi andesit horblenda dan batuan ubahanhidrotermal; 2) Satuan Batuan Gunungapi Wayang (WaV), tersusun atas litologi andesit horblenda dan batuan ubahan hidrotermal; dan 3) Satuan Batuan Piroklastik Pangalengan (PV), tersusun atas litologi aliranlava basal dan batuan piroklastik mengalami ubahan hidrotermal. Menurut M.W. Memed (2012) batuan penyusunan lapangan panas bumi Wayang-Windu terletak di dalam zona vulkanik aktif berumur Kuartar dengan kisaran antara 1,0 – 0,147 juta tahun yang lalu (jtl).

Berdasarkan Gambar 10.16, pola struktur geologi wilayah Wayang Windu secara umum didominasi oleh kelurusan berarah baratdaya-timurlaut berupa struktur sesar mendatar menganan dan kelurusan dengan arah baratlaut-tenggara yang pada umumnya berupa struktur sesar mendatar mengiri (Alzwar dr., 1992) diyakini sebagai sesar memotong Kaldera Malabar mengakibatkan bentuk perbukitan terpotong-potong dan membentuk gawir di sekitar Pasir Panjang. Kelurusan yang memotong lereng barat laut Gunung Tanjknangsi menunjukkan adanya kekar sejajar dan intensif. Sesar yang cukup jelas ditemukan buktinya di lapangan adalah Sesar Tarikolot, di mana blok selatan relatif turun terhadap blok utara. Sesar Tarikolot ini memotong batuan gunung api purba Baleendah.



Gambar 10.15. Cekungan Bandung dan Wayang Windu dalam Penampang Skematik Utara-Selatan JawaBarat (Dam, 1994).



Gambar 10.16. Peta geologi panas bumi Wayang Windu terdapat manifestasi mata air panas dan sesar geser. (Lembar Modif Garut dan Pameungpeuk, Alzwar, dkk 1992).

Sedangkan data *head-on resistivity* mengindikasikan terdapat bidang sesar normal berarah timurlaut-baratdaya dengan jurus U 2010 T dan kemiringan sekitar 700 (Sudarman dr., 1986). Selain itu, aktifitas vulkanisme dari kompleks vulkanik Gunung Malabar, Gunung Gambung, Gunung Bedil, Gunung Wayang dan Gunung Windu juga mempengaruhi pola struktur di daerah ini. Pada bagian tenggara Pangalengan terdapat dataran tinggi Ranca Gede dan kerucut-kerucut vulkanik Wayang Windu. Gunung Wayang dan Gunung Windu masing-masing mempunyai ketinggian 2.182 mdpl dan 2.054 mdpl, dan kedua puncak kerucut terpisah dalam jarak sekitar 1,6 km. Kedua gunung tersebut termasuk dalam tipe B (dimasa lampau pernah aktif), dengan sisa keaktifannya adalah berupa kawah dan hembusan solfatara dan fumarol.

10.3.2. Manifestasi Panasbumi Wayang Windu

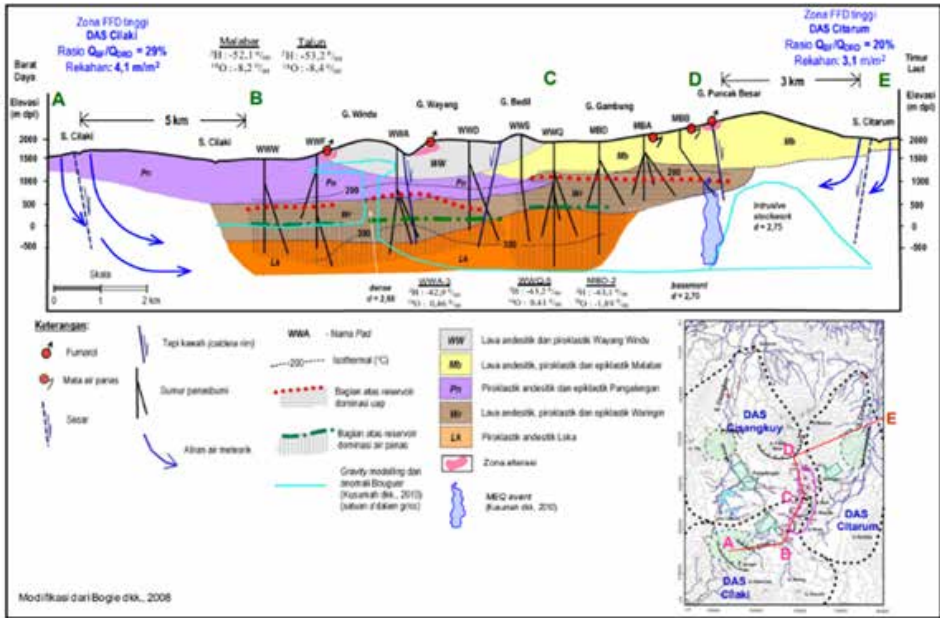
Keragaman proses pembentukan panasbumi, salah satunya berkaitan dengan sistem akifer yang tergantung pada kondisi hidrogeologi setempat, bisa berasal dari air hujan yang terjadi di atas tanah atau dikenal sebagai resapan lokal (*local recharge*). Namun bisa juga berasal dari air hujan yang terjadi pada area lebih tinggi dan lebih jauh kemudian meresap ke dalam tanah dan batuan yang bersifat mampu menyimpan air dan mampu mengalirkan sebagai airtanah.

Pola Hidrogeologi wilayah Wayang Windu telah diteliti oleh Hutasoit dan Hendrasto (2007). Penelitian tersebut berdasarkan atas analisis isotop stabil (^{18}O dan ^2H) δ δ dari sampel air hujan, mataair panas, mataair dingin, kondensat fumarola dan fluida dari sumur pemboran panasbumi. Hasil penelitian tersebut menyimpulkan bahwa terdapat daerah resapan untuk mata air panas yang berbeda dengan daerah resapan untuk fluida reservoir dan kondensat fumarol. Daerah resapan untuk mataair panas berada pada kisaran elevasi 1.988-2.839 mdpl, sedangkan daerah resapan air untuk fluida reservoir dan kondensat fumarol terletak pada kisaran elevasi 1.314-1.602 mdpl, yang berada di sebelah barat, selatan dan timur dari area produksi uap lapangan panasbumi Wayang Windu.

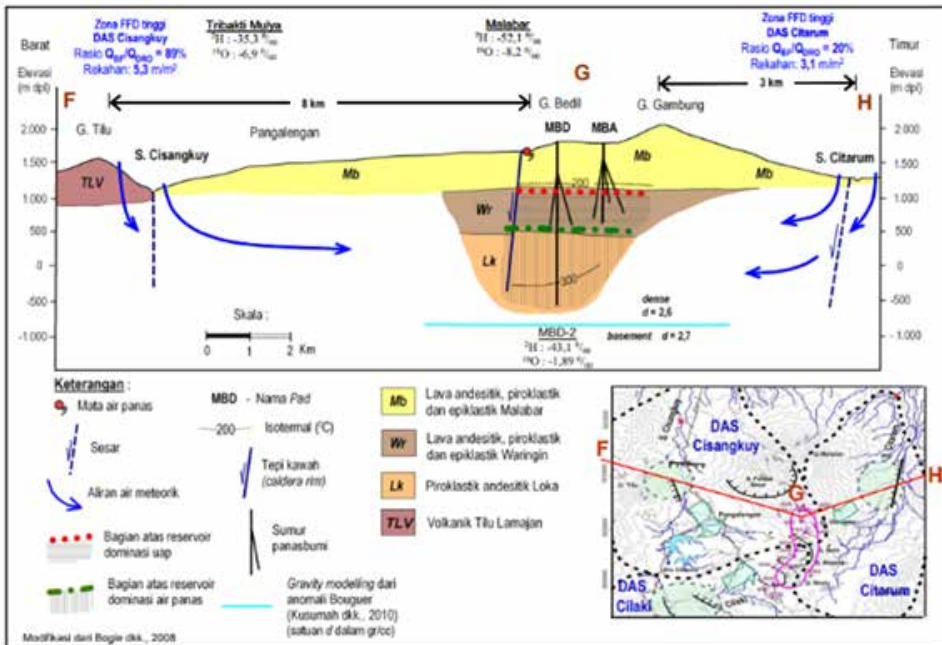
Lapangan panas bumi Wayang Windu merupakan transisi antara sistem panas bumi dominasi uap dengan sistem panas bumi dominasi air. Semakin ke selatan, zona dominasi uap semakin menipis dan semakin dalam (Bogie dkk., 2008). Beberapa manifestasi yang ada antara lain mata air panas, fumarol, dan tanah beruap. Manifestasi ini keluar melalui rekahanrekahan terbuka akibat struktur geologi. Sebagian besar mata air panas berjenis air bikarbonat dengan pH netral dengan kandungan asam sulfat 5% s.d. 65% dan memiliki temperatur hingga 66°C. Fumarola kaya akan sulfat dengan pH 1,6 s.d. 2,77 dan temperatur 56°C hingga 93°C. Manifestasi ini dapat ditemukan di beberapa tempat, antara lain Kawah Wayang, Kawah Burung 2, dan Kawah Burung 3. Model penampang hidrogeologi untuk lapangan panasbumi Wayang Windu pada lintasan A-B-C-D-E dengan arah baratdaya-timurlaut dapat dilihat pada Gambar 10.17, sedangkan penampang hidrogeologi untuk lintasan F-G-H dengan arah barat-timur dapat dilihat pada Gambar 10.18.

Di lapangan Panasbumi Wayang Windu ini ditemukan beberapa manifestasi berupa mata air panas, fumarola, steaming ground atau tanah beruap. Manifestasi ini umumnya keluar melalui struktur geologi yang memiliki rekahan-rekahan terbuka. Karena berasal dari reservoir, karakteristik kimia dari manifestasi ini umumnya memiliki korelasi kuat dengan karakteristik reservoir. Namun demikian, karena adanya kemungkinan pencampuran (*dilution*) dengan air tanah dan kondisi sekitarnya, maka tak jarang pula manifestasi yang keluar tidak bisa lagi mewakili karakteristik reservoir dengan baik seperti yang diharapkan.

Penampang tersebut memperlihatkan bahwa daerah resapan reservoir panasbumi Wayang Windu terletak di bagian barat daya (DAS Cilaki) dan bagian barat laut (DAS Cisangkuy) yang bersaldari barat menuju timur. Sedangkan daerah resapan untuk reservoir panasbumi yang terletak di bagian timurlaut (DAS Citarum) mempunyai arah pola aliran fliida (Aliran air tanah sistem menengah) yang bersal dari timur laut



Gambar 10.17. Model hidrogeologi lapangan panas bumi Wayang Windu Lintasan A-B-C-D-E, dengan arah baratdaya-timur laut (sumber: Hendrasto, 2014).



Gambar 10.18. Model hidrogeologi lapangan panas bumi Wayang Windu Lintasan F-G-H, dengan arah barat-timur, (sumber: Hendrasto, 2014).

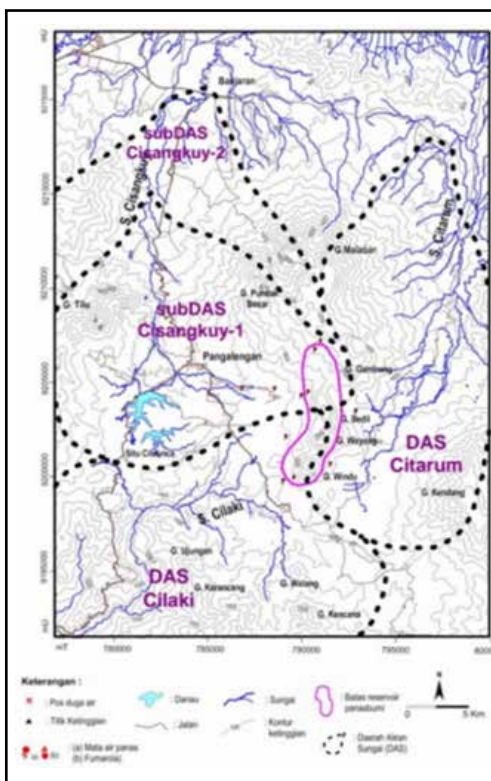
menuju barat daya, (Gambar 10.17).

Tipe reservoir panasbumi Wayang Wind (Dominansi uap dan dominansi air) dipengaruhi besarnya (persentase) infiltrasi/resapan air meteorik dan letak reservoir tersebut terhadap daerah resapan. Daerah resapan pada DAS Citarum terletak paling dekat (berjarak sekitar 3km) terhadap reservoir panasbumi dominansi uap, namun besarnya persentase resapan air meteoriknya paling sedikit. Sebaliknya DAS Ciyangku yang terletak paling jauh (sekitar 8 km) mampu meresapkan air meteorik paling banyak ke dalam reservoir panasbumi (dominansi air panas) seperti diperlihatkan pada Gambar 10.17.

Batuan yang berperan sebagai reservoir berada pada DAS Cisangkuy yang terletak pada litologi batuan beku (andesit dan basalt). Batuan tersebut mempunyai nilai densitas rata-rata rekahan yang lebih tinggi ($5,3\text{m}^2$). Sedangkan dua DAS lainnya yang terletak pada litologi batuan sedimen (batupasir dan batulempung) memiliki densitas rekahan masing-masing $4,1\text{ m}^2$ untuk DAS Cilaki dan sebesar $3,1\text{ m}^2$ untuk DAS Citarum. Lava yang terdiri atas andesit dan basalt berperan sebagai batuan penutup pada daerah Wayang Windu, (Gambar 10.19).

Sebagai sumber air panas, terdapat tiga zona yang diperkirakan menjadi daerah resapan untuk reservoir panasbumi Wayang Windu. Daerah resapan tersebut terletak dibagian barat laut (Sungai Cisangkuy), barat daya (Sungai Cilaki) dan timurlaut (Sungai Citarum) dari lapangan panasbumi Wayang Windu. Kondisi reservoir, diinterpretasikan bahwa reservoir lapangan panasbumi Wayang Windu merupakan tipe transisi antara kondisi dominasi uap dan dominasi air dengan empat pusat upwelling. Pada umumnya semakin ke arah selatan semakin berumur lebih muda dan lebih didominasi oleh reservoir dominasi air, hal ini konsisten dengan umur pusat vulkanik. Temperatur reservoir adalah sekitar 260-325 derajat Celcius yang ditemukan pada kedalaman 1300 meter hingga 2500 meter.

Tipe reservoir panasbumi dipengaruhi besarnya (persentase) infiltrasi air meteorik yang meresap. Daerah resapan pada DAS Citarum terletak paling dekat (berjarak



Gambar 10.22. Peta struktur geologi daerah Wayang Windu (Alzwar dkk., 1992) dan lokasi manifestasi permukaan.

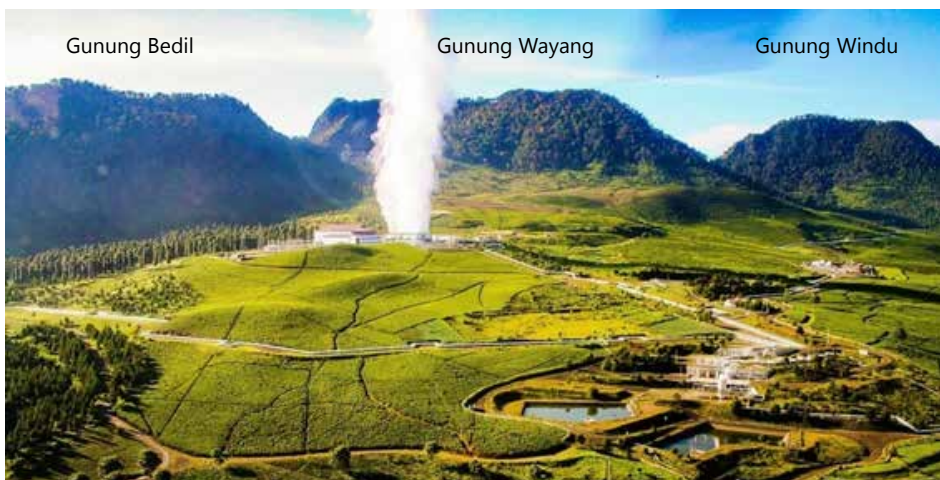
sekitar 3 km) dengan reservoir panasbumi dominasi uap (di bagian utara), tetapi kontribusi resapan air meteoriknya paling sedikit. Sebaliknya DAS Cilaki dan DAS Cisangkuy yang terletak paling jauh (sekitar 5 dan 8 km) mampu meresapkan air meteorik lebih banyak ke dalam reservoir panasbumi dominasi air yang letaknya disebelah selatan.

Model hipotetik yang dibuat oleh Sudarman dkk. (1986) memperlihatkan bahwa air meteorik sebagian besar berinfiltrasi dari bagian barat dan barat daya, meliputi daerah Gunung Karancang, Gunung Kencana dan Gunung Walang. Interpretasi berdasarkan data geokimia air dari manifestasi dan sumur-sumur pemboran yang dilakukan oleh Suminar drr. (2003), Hendrasto dan Hutasoit (2011) menjelaskan adanya pendugaan arah aliran air yang masuk ke dalam reservoir panasbumi Wayang Windu, serta terdapat resapan air hangat di bagian utara dan selatan dan resapan air dingin di bagian barat dari Gunung Bedil.

10.3.3. Pemanfaatan Sebagai PLTP Wayang-Windu

Lapangan panas bumi Wayang Windu atau Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Wayang Windu berada di Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung, Jawa Barat, yaitu sekitar 40 km ke arah selatan Kota Bandung. Terletak pada elevasi sekitar 1700 meter di atas permukaan laut pada area yang dikelilingi oleh sekitar 96 ha lahan perkebunan teh. Lapangan ini dapat dicapai dengan menggunakan kendaraan roda empat dari Kota Bandung dengan waktu tempuh normal sekitar 2-3 jam.

Pembangkit listrik Wayang Windu yang dioperasikan oleh Star Energy di Jawa Barat merupakan salah satu pembangkit listrik panas bumi terbesar di Indonesia dengan kapasitas terpasang saat ini sebesar 227 MW yang dihasilkan dari PLTP Unit 1 yang memiliki kapasitas 110 MW dan PLTP Unit 2 memiliki kapasitas 117 MW.



Gambar 10.17. Kenampakan morfologi Gunung Gambung Bedil, Gunung Wayang, dan Gunung Windu. Foto di ambil dari arah perkebunan teh Kertamanah.

Menurut pihak Wayang Windu, saat ini Unit 1 disuplai oleh 13 sumur produksi dan Unit 2 disuplai oleh 6 sumur produksi dan total kedua unit ini dilayani oleh 5 sumur injeksi. Kapasitas terpasang tersebut terhubung ke jaringan interkoneksi Jawa Bali dan menyumbangkan 16 persen dari produksi panas bumi untuk listrik nasional.

Lapangan Wayang Windu berada pada reservoir unik, yang merupakan transisi dari dominasi uap air dan air pada area seluas 40 kilometer persegi, merupakan salah satu potensi yang sangat besar. Bagian selatan dari lapangan ini merupakan jenis reservoir dominasi air (*hot water dominated*). Namun semakin ke utara, fraksi uap di dalam reservoir semakin meningkat dan cenderung menjadi *steam dominated*. Temperatur reservoir adalah sekitar 260-325 derajat Celcius yang ditemukan pada kedalaman 1300 meter hingga 2500 meter dengan potensi sebesar 707,6 MWe.

10.3.4. Program Konservasi Alam

Kini, baik Gunung Wayang maupun Wunung Windu sudah dimanfaatkan energi panas buminya (geothermal), sehingga dapat menambah pasokan energi untuk pulau Jawa dan Bali. Energi panas bumi ini akan panjang umurnya, kalau pasokan air yang meresap ke dalam bumi juga terjaga dengan baik. Sebaliknya, bila keadaan hutan di daerah tangkapan hujan yang memasok air terus berkurang, maka dapat dipastikan bahwa umur energi panas bumi itu akan berkurang.

Dari gunung Wayang itulah awal-mula sungai Citarum berasal, yang bersih dan suci, seperti nama mata airnya, “Cisanti”, yang berarti “air yang suci dan menyucikan”. Selain itu, Gunung Wayang-Windu menggambarkan suatu kawasan yang memiliki tanah yang subur. Tidak heran jika kawasan ini dijadikan sebagai daerah agrobisnis tanaman hortikultura dan penyumbang susu sapi yang cukup besar di Kabupaten Bandung (Bronto, 2002). Tanahnya didominasi dari hasil letusan gunung berapi yang telah lapuk, seperti: andosol, oxisol, alfisol, molisol, dan lain-lain, yang rata-rata warna tanahnya gelap dengan porositas dan permeabilitas serta kandungan hara yang tinggi. Kemiringan lerengnya bervariasi, dari datar sampai sangat curam.

Sayangnya, kondisi Situ Cisanti sejak tahun 2001 telah mengalami perubahan, akibat adanya pendayagunaan SDA (Sumber Daya Alam) yang tidak mengindahkan kelestarian lingkungan, sehingga mengakibatkan gundulnya pohon-pohon lindung di sekitar kawasan mata air. Akibatnya, terjadilah pendangkalan Situ Cisanti, dengan adanya endapan tanah (embel) karena erosi di sekitar mata air; adanya sebagian alih fungsi lahan dari hutan lindung di sekitar mata air menjadi perkebunan rakyat; tidak adanya pemeliharaan areal mata air akibat endapan dari erosi; dan tumbuhnya ganggang/ tanaman air yang mengakibatkan makin mengecilnya luas areal situ Cisanti.

Permasalahan lingkungan tersebut biasanya bersumber pada dorongan untuk memanfaatkan secara terus-menerus dan berlebihan sumber daya alam, tanpa memperhatikan daya dukung sumber daya alam tersebut. Untuk mengejar kemakmuran, sumber daya alam dipandang sebagai faktor produksi untuk mewujudkan tujuan pembangunan ekonomi, tanpa memperhatikan dampaknya.

Gambar 10.21.
Situ Cisanti yang
dinobatkan sebagai
kilometer Nol
Sungai Citarum
menjadi simbol
berhasil tidaknya
program Konservasi
Alam di wilayah
Bandung Selatan.



Seharusnya pelaku pembangunan tersebut menjaga dan memelihara alam, dengan mempertimbangkan risiko yang ditanggung jika terjadi kerusakan. Walaupun akan memanfaatkan alam, maka harus diiringi dengan teknologi untuk melestarikannya.

Sebagai penampung mata air, Situ Cisanti penting sekali untuk dijaga kualitas dan kuantitasnya. Hal ini disebabkan sumber mata air yang paling layak dan paling baik dikonsumsi adalah sumber air yang berasal dari mata air pegunungan vulkanik. Mata air pegunungan vulkanik memenuhi tiga syarat karakteristik sumber air tanah, yaitu kualitas, kuantitas, dan kontinuitas. Kondisi air yang memenuhi syarat baku mutu merupakan kebutuhan yang utama pada saat ini. Oleh karena itu, vegetasi yang rimbun di hutan sekitar Gunung Wayang, Gunung Windu, dan gunung lainnya yang ada di sekitar Situ Cisanti penting untuk tetap di lindungi dan di konservasi untuk menjaga perannya sebagai daerah resapan air agar keberlangsungan pengaliran tujuh mata air yang dibendung masuk ke dalam situ terus berlanjut. Mata air yang mengalir situ Cisanti, antara lain, berasal dari mata air: Pangsiraman, Cikahuripan, Cikawedukan, Koleberes, Cihaniwung, Cisadane, dan Cisanti.

Meningkatnya kesadaran berbagai pihak terhadap lingkungan dan isu-isu tentang pembangunan yang berwawasan lingkungan telah memberikan kontribusi terhadap pandangan pentingnya prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan dengan mengembangkan Program Citarum BERGETAR (Bersih, Geulis, dan Lestari), yang dilaksanakan pada 2001- 2004, dengan melibatkan masyarakat sekitar, terutama masyarakat yang tadinya sebagai perambah hutan. Kegiatan pelaksanaan fisik meliputi: (1) pengerukan alur Situ Cisanti untuk mengembalikan luas genangan situ, serta mengoptimalkan daya tampung situ dengan volume galian seluas 6.50 hektar dan dalam 2 meter, dengan volume galian sebesar 122,000 m³ ; (2) perbaikan pintu outlet sebanyak 2 bahu, sebagai pintu pengendalian untuk pemanfaatan air bersih masyarakat di Desa Tarumajaya; (3) perbaikan pintu pelimpah sebanyak 1 bahu; (4) perbaikan bendungan dari urugan tanah sepanjang 30 meter; (5) penguatan bendungan dengan pasangan batu sepanjang 100 meter; (6) penguatan tebing kritis di sekitar Situ Cisanti sepanjang 400 meter; (7) pembuatan dam-dam kecil atau

cascade pada anak-anak sungai yang menuju ke situ untuk menahan sedimentasi; (8) pemasangan lempengan rumput untuk pencegahan erosi tebing sebanyak 20,000 m²; (9) penanaman pohon atau penghijauan sekitar mata air Situ Cisanti sebanyak 2,000 pohon; serta (10) operasi dan pemeliharaan situ secara rutin dan berkelanjutan.

Kegiatan konservasi di Gunung Wayang dan Gunung Windu, serta penataan Situ Cisanti bertujuan menjaga fungsi resapan air, fungsi tampungan air, dan menghindari bahaya longsor, juga lebih dititikberatkan kepada keberlangsungan sungai Citarum dan PLTP Wayang Windu yang keduanya banyak memberikan manfaat bagi kehidupan manusia yang ada disekitarnya.

10.3.5. Pengembangan Geowisata

Di kawasan Gunung Wayang dan Gunung Windu terdapat banyak mata air panas atau panasbumi yang dimanfaatkan sebagai energi geotermal di daerah Gunung Wayang-Windu dimanfaatkan sebagai pusat pembangkit listrik tenaga panas bumi. Selain itu, mata air panas tersebut bersama-sama dengan Situ Cileunca merupakan lokasi pariwisata di dataran tinggi Pangalengan, Bandung Selatan yang menjadi favorit wisatawan.

Kini, mulai diminati pula Situ Cisanti yang dianggap sebagai Kilometer Nol Sungai Citarum. Kesejukan udara, keunikan mata air yang keluar dari dalam tanah, dan pemandangan yang indah menjadikan Situ Cisanti salah satu daya tarik wisata yang banyak dikunjungi. Wisatawan yang datang ke Situ Cisanti terdiri dari berbagai segmen usia, terutama para pelajar, mahasiswa, atau ilmuwan yang datang untuk suatu penelitian, atau menjadikan situ sebagai sumber belajar.

Dengan adanya hutan di Gunung Wayang yang didalamnya terdapat Situ Cisanti berstatus hutan lindung, hutan produksi, dan hutan produksi terbatas, yang ditetapkan melalui Surat Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 195 Tahun 2003, maka para wisatawan harus memahami bahwa objek wisata Situ Cisanti berbeda dengan objek wisata yang lain, sehingga diharapkan wisatawan dapat lebih arif dengan tidak merusak lingkungan Situ Cisanti dan sekitarnya. Peran pemandu ekowisata dan geowisata menjadi penting dalam memberikan pemahaman tentang pelestarian Situ Cisanti dan sekitarnya yang berdampak positif terhadap keberlanjutan sumber daya alam, sungai Citarum, dan PLTP Wayang Windu.

Prinsip pariwisata berkelanjutan seperti ekowisata dan geowisata dalam kegiatannya selalu berupaya dapat mempertahankan kualitas lingkungan, budaya, memberdayakan masyarakat lokal, dan memberikan manfaat ekonomi kepada masyarakat lokal, kawasan, dan pemerintah (Susanto, 2012:32). Pernyataan tersebut menunjukkan bahwa pembangunan pariwisata berkelanjutan berbeda dengan tipe aktivitas ekonomi yang lain. Dalam pariwisata berkelanjutan, yang akan dijual dan dieksploitasi adalah pemahaman pentingnya konservasi sumberdaya alam dan lingkungan, selain menunjukkan keindahan alamnya. Hal ini penting dilakukan karena belajar sambil berekreasi dapat menghindari kerusakan sumberdaya alam dan lingkungan dari gangguan wisatawan yang kepedulian terhadap kelestarian alam dan

budaya rendah.

Ekowisata Wayang Windu merupakan salah satu objek wisata alam yang dibangun dan dikembangkan oleh Perum Perhutani di kawasan hutan produksi yang dikelola secara terbatas dengan tidak mengubah fungsinya yaitu sebagai kawasan konservasi yang berada di Gunung Wayang Windu. Kawasan Ekowisata Wayang Windu terletak di daerah Pangalengan tepatnya di Desa Cibolang yang mempunyai keunikan atraksi wisata pemandangan sekitar berupa kebun teh dan juga wisata hutan. Oleh karena itu, kawasan wisata tersebut harus memiliki tujuan yang searah dengan daerah itu yaitu sebagai kawasan konservasi. Pengembangan kawasan Ekowisata Wayang Windu dilaksanakan berdasarkan kombinasi antara kebutuhan masyarakat, pengunjung dan sumber daya yang tersedia sesuai dengan tujuan perencanaan. Pola pengembangan berdasarkan analisa daya dukung dan kesesuaian kawasan yang terbagi menjadi zona inti, zona rimba dan zona pemanfaatan.

Gambar 10.22.
Panenjoan Wayang
Windu Pangalengan
Destinasi Wisata
terbaik untuk
melihat perkebunan
teh dan pesona
sunset (matahari
terbenam).



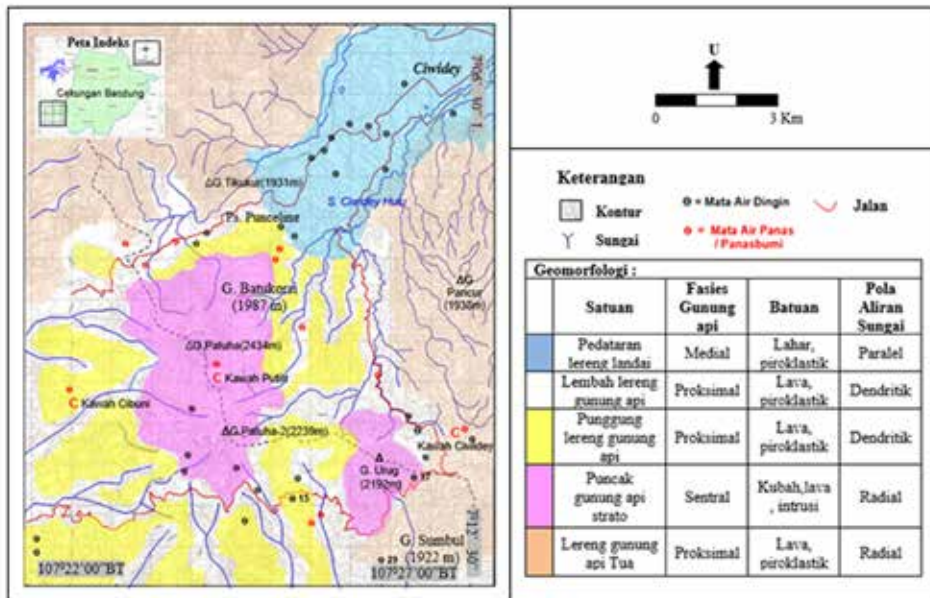
10.4. PANAS BUMI PATUHA

Secara umum Gunung Patuha merupakan salah satu diantara 21 buah gunung api aktif di Indonesia tipe B. Tipe ini adalah gunung api yang diketahui pernah meletus sebelum tahun 1600 (Suswati, dkk 2000) dan kini dari aktifitas yang ada menjadi potensi panas bumi yang sangat potensial dan telah dimanfaatkan untuk kepentingan pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP).

10.4.1. Geologi Wilayah Patuha dan sekitarnya

Menurut Damar Nandiwardhana (2020), kemudian dimodifikasi oleh Memed, M.W., (2012) dengan menambahkan aspek fasies gunung api dan aspek kemiringan lereng, satuan geomorfologi wilayah Patuha dan sekitarnya (Gambar 10.23), memperlihatkan suatu bentuk kerucut yang relatif baik dengan adanya struktur sirkuler. Hal ini bisa dilihat dari morfologinya yang halus yang menunjukkan tingkat erosi yang belum intensif dengan pola aliran sungai yang masih terlihat jelas radial ke arah puncak. Suatu gunungapi dengan bentuk kerucut yang relatif masih baik yang

ditunjang oleh keterdapatan struktur sirkuler yang merupakan bentuk kawah/kaldera di bagian puncak, menunjukkan bahwa di bawah gunungapi tersebut kemungkinan terdapat dapur magma yang berpotensi untuk memiliki panas yang dibutuhkan untuk membentuk suatu sistem panasbumi. Hasil deliniasi menunjukkan diameter Gunung Patuha sebesar 7 km² dengan perbedaan elevasi puncak ke elevasi paling rendah sebesar 1200 m, sehingga di dapat volume sebesar 61,5 km³.



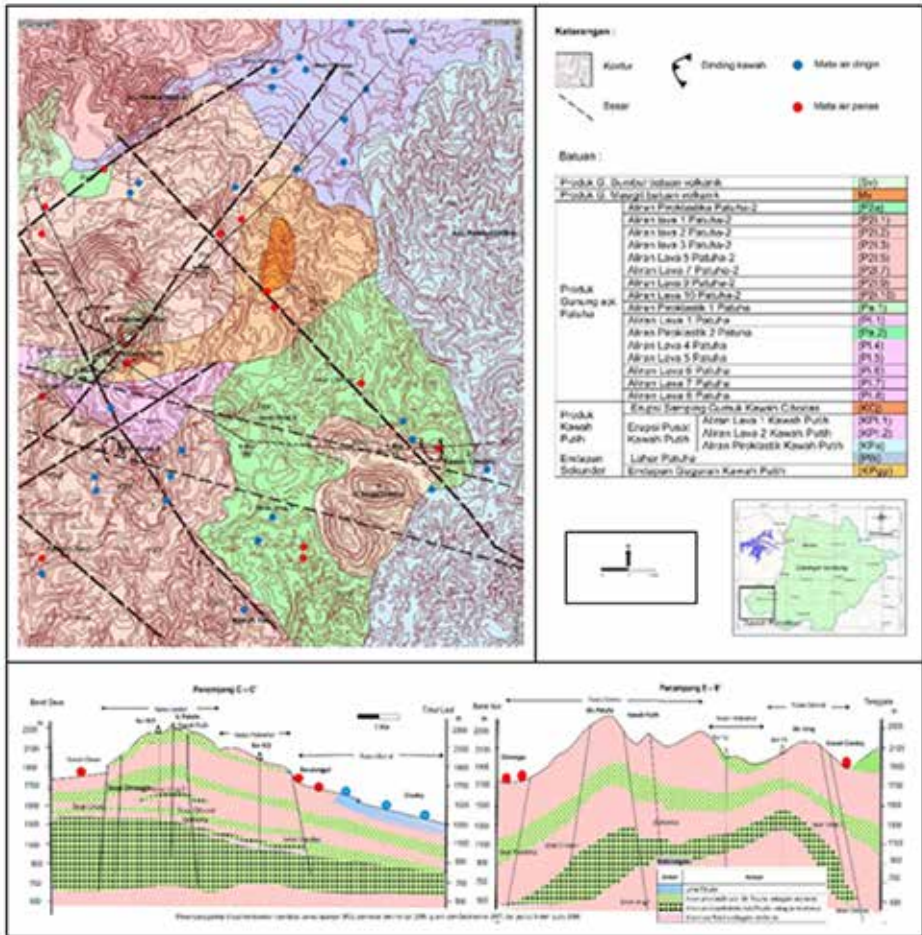
Gambar 10.23. Peta Geomorfologi Lapangan Panas bumi Gunung Patuha (Memed, MW., 2012)



Gambar 10.24. Terlihat tubuh Gunung Patuha berbentuk kerucut kembar (+2434 m) terpancing tipe strato, yaitu dengan kerucut Patuha-2 (+2384 m) di selatan. Kerucut lain adalah gunung-gunung Sumbul, Pancur, Kunti, Tikukur dan Cadaspanjang berada di timur dan tenggara serta di puncak Gunung Patuha dan Patuha-2 terdapat kawah yang sedang tidak aktif. Diantara kedua kerucut itu terdapat bekas titik kegiatan yaitu di kawah Putih (+2270 mdpl), Kawah Cibodas di timur laut Gunungapi Patuha, Kawah Tiis di tenggara Gunung Patuha-2, Kawah Keneng, dan Kawah Ciwidy di timur Gunungapi Patuha-2.

Dari gambar 10.23, dan 10.24, terlihat terlihat tubuh Gunung Patuha berbentuk kerucut kembar (+2434 m) terpancung tipe strato, yaitu dengan kerucut Patuha-2 (+2384 m) di selatan. Kerucut lain adalah gunung-gunung Sumbul, Pancur, Kunti, Tikukur dan Cadaspanjang berada di timur dan tenggara serta di puncak Gunung Patuha dan Patuha-2 terdapat kawah yang sedang tidak aktif. Diantara kedua kerucut itu terdapat bekas titik kegiatan yaitu di kawah Putih (+2270 mdpl), Kawah Cibodas di timur laut Gunungapi Patuha, Kawah Tiis di tenggara Gunung Patuha-2, Kawah Keneng, dan Kawah Ciwidey di timur Gunungapi Patuha-2.

Menurut (Kusmono & Suwarna, 1996), secara stratigrafi Gunung Patuha dimulai pada Pleistosen Bawah, ditandai terdapatnya beberapa pusat erupsi, diantaranya adalah Gunung Kendeng di sebelah barat-utara Gunung Patuha. Periode erupsi ini mempunyai karakteristik tipe andesit basaltik, lava andesit dan breksi andesit dan terdapat di utara timur dan sebagian selatan dan utara. Sedangkan produk utama Gunung Patuha berupa lava dan lahar andesit piroklastik yang pejal dan berongga.



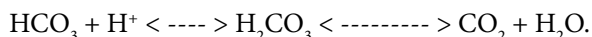
Gambar 10.25. Peta Geologi Lapangan Panas bumi Gunung Patuha (Memed, MW., 2012).

normal dengan arah umum barat laut-tenggara di samping sesar lainnya yang berarah timur-barat dan utara-selatan (Gambar 10.26). Berdasarkan pengamatan tersebut, paling sedikit ditemukan 9 buah sesar normal, yakni sesar Geneyek, Cibuni, Ciwidey, Cimanggu, Suren, Cileueur, Cikidang, Rancasuni dan sesar Punceling (Sutawidjaja, 2000).

10.4.2. Manifestasi Panasbumi Patuha

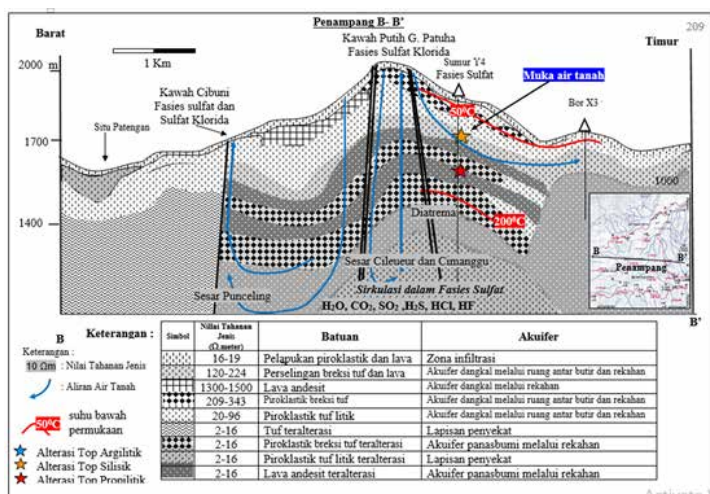
Menurut hasil penelitian Memed, MW., (2012), yang mengacu pada konfigurasi penampang geologi dan hidrogeologi B - B' (Gambar 10.26), bahwa air kawah Putih di gunung Patuha berada pada elevasi 2182-2200 mdpl, bersuhu 34 °C, pH 0,5-1,1 (sangat asam), dan terletak pada perbatasan punggungan CAT Ciwidey dan CAT Cibuni berada pada batuan breksi lava dan piroklastik yang telah mengalami alterasi.

Interpretasi ini didukung oleh komposisi isotop, yang mengindikasikan bahwa air kawah berasal dari air meteorik terpengaruh gas SO₄⁻ pada elevasi 180-437 dan 704-770 m. Air danau kawah Putih (40-44), konsentrasi dominan sulfat (SO₄²⁻) 3102 - 11130 mg/L, dan klorida (Cl⁻) 5300-17008 mg/L sangat tinggi, konsentrasi Ca²⁺, Mg²⁺ K⁺, dan Ca²⁺ antara 38 hingga 4802 mg/L termasuk kategori tinggi. HCO₃⁻ = 0, karena HCO₃⁻ melarut berubah menjadi senyawa lain:



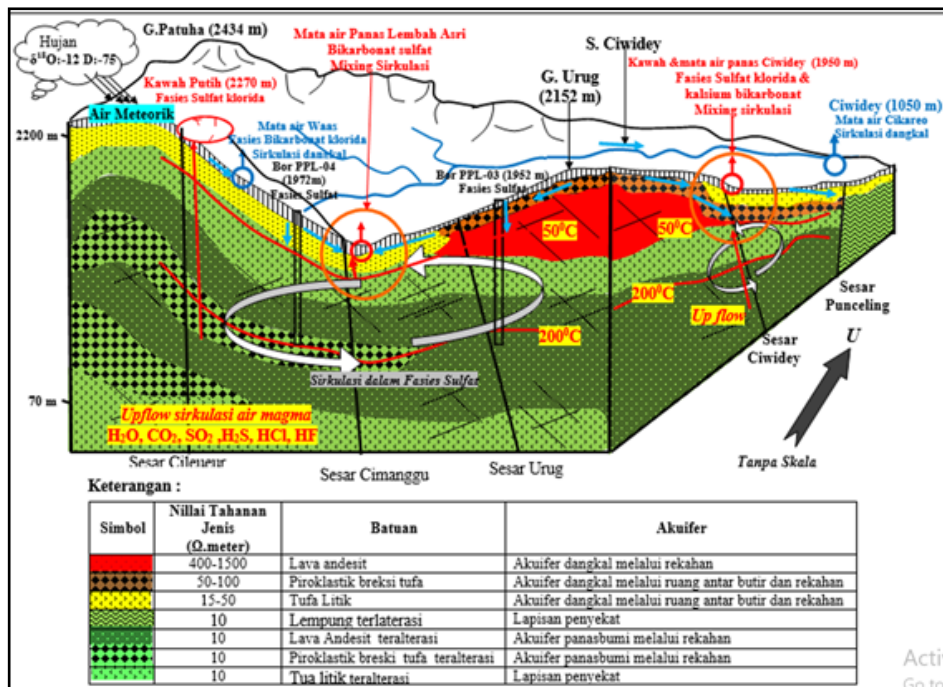
Nilai daya hantar listrik (DHL) adalah > 8888 µS.cm, TDS > 8888 mg/L kategori sangat tinggi. Air kawah Putih mempunyai fasies air tanah sulfat klorida-klorida sulfat. Air dari bawah permukaan bereaksi dengan gas CO₂ dalam reservoir, membawa klorida (Cl⁻) yang terpanaskan menjadi uap atau kondensasi. Pada kawah ini terjadi pencampuran antara air meteorik dengan ion Cl⁻, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, dan SO₄²⁻. Nilai isotop kawah Putih ini tinggi dibandingkan dengan isotop mata air dingin dan panas karena pada Kawah Putih terjadi reaksi penguapan (pengayaan δ¹⁸O dan δD), reaksi dengan batuan (pengayaan δ¹⁸O), reaksi dengan H₂S (pengayaan δD).

Gambar 10.27. Penampang Hidrogeologi Panasbumi Gunung Patuha (Memed, MW., 2012)



Kompleks kawah Cibuni dan air fumarol di sekitar Gunung Patuha bagian barat elevasi 1750 m, bersuhu 85-92 °C, pH 2 – 3,71 (sangat asam-normal), batuan berupa breksi lava dan piroklastik. Interpretasi didukung oleh komposisi isotop, yang mengindikasikan bahwa air kawah berasal dari elevasi 230-1020, 10-1338 dan 730-1916 m. Fasies air tanah ini adalah tipe SO_4^{2-} (sulfat)- $SO_4^{2-}Cl^-$ (sulfat klorida). Nilai DHL 2050-2600, dan TDS 632 mg/L. Tipe sumber daya air tersebut merefleksikan telah terjadi aliran air tanah regional dengan sirkulasi aliran dalam (*deep circulation*) yang naik (*upflow*). Sulfat diperoleh dari pelarutan garam Na_2SO_4 dan K_2SO_4 . Dan Anion ini terbentuk dari reaksi gas belerang daerah gunung api dengan air (Bahagiarti, 1993 dalam Memed, MW. 2012).

Pola aliran air tanah di daerah lapangan panasbumi di Gunung api Patuha Bandung Selatan yaitu berupa fenomena pola perjalanan air tanah berdasarkan aspek geomorfologi, perubahan elevasi, fasies gunung api, hidrostratigrafi, struktur sesar, cekungan air tanah, fasies air tanah, isotop oksigen 18 ($\delta^{18}O$) dan deuterium (δD) terhadap masing-masing air kawah, fumarol, mata air panas dan mata air dingin pada suatu profil perjalanan air tanah melalui garis aliran (*flow line*) di daerah lapangan panasbumi Gunung Patuha dijelaskan dengan lebih mendetail berdasarkan adanya perbedaan geomorfologi, fasies gunung api, susunan batuan, struktur sesar, permeabilitas dan larutan panasbumi, maka secara umum sistem aliran air tanah Kompleks Gunung Patuha dapat dibagi menjadi tiga dan sistem akuifernya berdasarkan keragaman batuan (lihat Gambar 10.27).



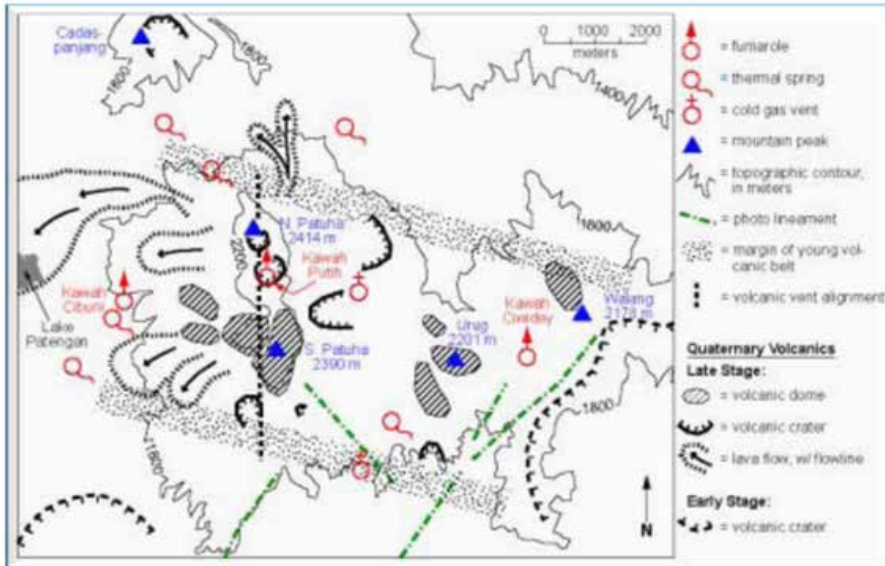
Gambar 10.28. Model Ilustrasi hidrogeologi 3 dimensi Panas bumi di kompleks Gunung Patuha (Memed, MW., 2012).

- 1) Aliran air tanah regional (*regional groundwater flow*) dimulai dari puncak gunung api hingga mencapai reservoir panasbumi.
- 2) Aliran air tanah transisi atau campuran antara aliran air tanah lokal dengan aliran air tanah regional (*mixing*).
- 3) Aliran air tanah lokal.

Sistem cekungan air tanah (CAT) di wilayah panasbumi kompleks Gunung Patuha merupakan satu kesatuan mengacu batas-batas cekungan, yaitu kondisi batas *Dirichlect*, dalam hal ini hidraulik *head* adalah konstan; kondisi batas *Neuman*, dalam hal ini tidak ada aliran; dan kondisi batas *Cauchy*, dalam hal ini sistem aliran airtanah sebanding dengan aliran permukaan. Sistem aliran air tanah di daerah lapangan panasbumi Gunung api Patuha a). mempunyai batas hidrogeologis yang dikontrol oleh kondisi geologis berupa batuan alterasi lempung dan/atau kondisi hidraulik air tanah berupa perubahan kelulusan batuan pada ruang antar butir dan rekahan-rekahan serta sesar. b). mempunyai daerah imbuhan dari puncak gunung api Patuha dan Gunung Urug dan daerah lepasan air tanah dalam satu sistem pembentukan air tanah di daerah lembah-lembah; dan c). memiliki satu kesatuan sistem akuifer dengan tipologi akuifer gunung api berupa batuan piroklastik, lava dan lahar seperti terlihat pada Gambar 10.27 di atas.

Berdasarkan berbagai hasil analisis yang berkaitan dengan geologi panasbumi Kompleks Gunung Patuha, maka Ali Ashat, drr (2019) melakukan sistesis proses pembentukan panasbumi (geothermal) yang kemudian hasilnya dipresentasikan dalam IOP Conference Series: Earth and Environmental Science dengan judul makalah “*Updating conceptual model of Ciwidey-Patuha geothermal using dynamic numerical model*”. Adapun point-point penting berkaitan dengan manifestasi panasbumi Gunung Patuha, sebagai berikut:

- Lapangan Patuha didominasi uap dengan zona uap yang mendasari reservoir cairan dalam. Temperatur reservoir sekitar 215 - 230°C seluas 20 km². Zona uap dengan tebal sekitar 700 meter didasarkan pada zona air cair dalam yang sangat besar yang menjadikan sistem ini unik sehingga menarik bila dijadikan bahan interpretasi geowisata.
- Sistem Panas Bumi Patuha terdiri atas tiga waduk yang berasosiasi dengan kawasan Kawah Putih, Kawah Ciwidey dan Kawah Cibuni, (Gambar 10.29). Hal ini dikonfirmasi oleh gradien termal yang diukur pada kedalaman 150 m yang menunjukkan tiga area anomali suhu tinggi (Alhamid I, 1989) dan analisis citra satelit ALOS PALSAR (Pradipta R A 2016) yang menunjukkan tiga fitur tren kelurusan yang mungkin diidentifikasi sebagai zona reservoir.
- Manifestasi permukaan di Kawah Putih seperti fumarol dan danau kawah diindikasikan sebagai zona hulu sistem ini. Adanya fumarol dan air panas uap yang mendidih di Kawah Cibuni dan Kawah Ciwidey diharapkan menjadi tempat keluarnya reservoir yang didominasi uap yang memungkinkan uap mencapai permukaan melalui zona permeabel.
- Bagian timur laut G. S. Patuha atau daerah antara wellpad 4 dan *wellpad 2* dapat diartikan sebagai lokasi sumber panas karena adanya peningkatan tekanan dan



Gambar 10.29. Manifestasi Permukaan Panas Bumi Gunungapi Patuha (Sumber: Koesmono, drr., 1996 dan di modifikasi oleh Layman & Soemarinda, 2003).

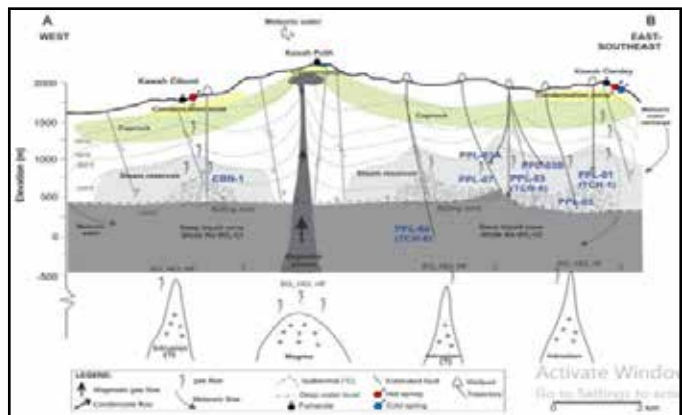
temperatur di dalam sumur PPL-02, temperatur zona cair pada sumur cenderung statis vertikal dibandingkan dengan yang lain. Hal ini juga dikonfirmasi oleh isotop kimia dan karakteristik gas (Amelia Y, 2014), meskipun tidak ada fitur permukaan yang mewakili pelepasan langsung dari reservoir dalam di sekitar area ini.

- Gumpalan uap magmatik di Kawah Putih berkontribusi untuk mensuplai reservoir uap dalam sistem ini, sehingga tekanan dan suhu di dalam reservoir uap meningkat sehubungan dengan gumpalan magmatik (Layman E B and Soemarinda S 2003). Kemungkinan lepas dari zona reservoir uap di bagian barat dan timur, akibat struktur geologi yang dikendalikan oleh Sesar Cimanggu di bagian barat dan Sesar Cileueur di bagian timur.
- Waduk dalam sistem Patuha diisi oleh air meteorik pada ketinggian 1.900 - 2.400 mdpl, yang mengelilingi bagian tengah lapangan, barat laut, timur dan barat daya (Fahlevi I 2009), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.28. Berasosiasi dengan daerah sekitar G. Tikukur, sebelah timur laut G. Patuha, G. Puncaklawang, Pasircacing dan GS Patuha bagian selatan. Air meteorik pinggiran menembus dekat G. S. Patuha dan kemungkinan memadamkan reservoir uap di dekat area ini (Layman E B and Soemarinda S 2003).
- Model konseptual sistem Patuha dibangun dengan penampang WESE (AB) seperti yang dijelaskan pada Gambar 10.30 dan penampang NW-ESE (CD) seperti yang dijelaskan pada Gambar 10.31. Penampang tersebut mencerminkan karakteristik reservoir di daerah Kawah Cibuni, Kawah Putih dan Kawah Ciwidey dan waduk Kawah Putih dan Kawah Ciwidey.
- Kondisi dididih dalam reservoir cairan dalam menyebabkan steam terpisah dan naik

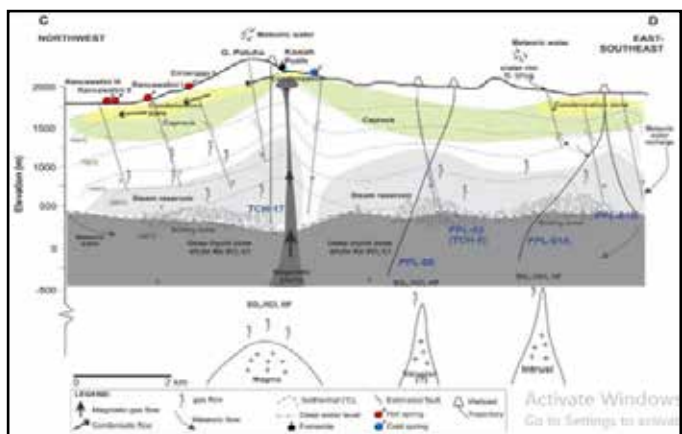
ke zona dominasi uap dalam sistem Patuha. Kondensasi uap terjadi dan meresap ke bawah zona cair dalam, yang mungkin telah membentuk air Na-SO₄-Cl encer dan netral. Sebuah reservoir uap di zona Kawah Ciwidey mengalir secara vertikal menuju kawasan G. Urug mengikuti Sesar Ciwidey, dan mengeluarkan fumarol di bagian timur Kawah Ciwidey. Sumber air panas juga terdapat di daerah ini, yang jenis air asam sulfatnya, sebagai air yang dipanaskan dengan uap karena air tanah yang dipanaskan oleh uap dari reservoir dekat kedalaman yang dangkal.

- Steam yang dihasilkan di bagian timur PPL-01, PPL-05, PPL-03 dan PPL07 disuplai oleh reservoir yang berasosiasi dengan G. Urug. Sedangkan PPL-02 di bagian barat dikaitkan dengan potensi sumber panas bagian barat (Gambar 10). Sesuai dengan analisis kimia sumur produksi yaitu PPL-01, PPL-01B, PPL-03, PPL-03A, dan PPL-03B, sumur tersebut memiliki karakteristik komposisi gas yang sama, namun berbeda dengan PPL-02 dan PPL-02A. Ini menunjukkan bahwa sistem pemanas yang berbeda mempengaruhi wilayah timur dan barat Kawasan Panasbumi Patuha.
- Sumur PPL-06 diduga disuplai dari sumber yang sama dengan PPL-02 dan letak kedua sumur berdekatan (Gambar 10.29). Sebaliknya, PPL-01A merupakan sumur bor terdalam di wellpad 1 dan merupakan sumur non produktif.

Gambar 10.30. Model konseptual Sistem Panas Bumi Patuha pada penampang C-D (Sumber: (Amelia Y, 2014).



Gambar 10.31. Model konseptual Sistem Panas Bumi Patuha pada penampang A-B (Sumber: Amelia Y, 2014).



Berdasarkan analisis kimiawi, terjadi kondensasi uap di dalam sumur ini akibat imbuhan meteorik yang menyusup melalui bibir kawah G. Urug, sebagai arah lintasan PPL-01A yang dekat dengan lokasi ini (Amelia, 2014). Sedangkan PPL-01B terletak di sudut timur, didedikasikan sebagai sumur injeksi kondensat pada ketinggian 500 - 700 mdpl. Pulihnya air meteorik diperkirakan terjadi di sekitar G. Puncaklawang dan Pasircacing (Suswati Mulyana A R and Sutawidjaja L S, 2000).

- Sumur CBN-1 adalah sumur yang dibor pada tahun 1996 mencapai ketinggian 455 mdpl menembus zona uap pada ketinggian sekitar 1.000 mdpl dengan suhu maksimum 240°C. Steam dari zona reservoir Kawah Cibuni mengalir ke permukaan melalui sesar berarah NW-SW yang mengontrol munculnya mata air asam sulfat fumarol di lokasi ini (Gambar 10.29).
- Cairan danau kawah putih terutama terkait dengan gas magmatik yang berasal dari gumpalan uap magmatik yang naik ke permukaan di pusat Kawah Putih. Saat uap mengembun dan memasuki akuifer dangkal atau air permukaan, hal itu mempengaruhi air danau. Sedangkan terjadinya fumarol di tepi danau merupakan pelepasan langsung dari reservoir uap. Berdasarkan komposisi kimianya, tidak ditemukan gas magmatik pada keluaran steam. Keberadaan zona waduk Kawah Putih ditunjukkan dengan sumur TCH-17 yang menembus zona uap pada ketinggian sekitar 1.400 mdpl dengan suhu maksimum 240°C. Kondensat uap magmatik di Kawah Putih mengalir secara lateral ke lereng barat laut G. Patuha dan kemungkinan bercampur dengan uap kondensat dari reservoir yang didominasi uap.

10.4.3. Pemanfaatan Sebagai PLTP Patuha

Panasbumi Patuha telah dikembangkan menjadi pembangkit listrik sebesar 400 MW. Salah satu Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) yang telah beroperasi sejak 2014 adalah PLTP Patuha. Sedangkan secara administratif Pusat Listrik Tenaga Panasbumi Patuha termasuk ke dalam wilayah Ciwidey, Kecamatan Pasir Jambu, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat dengan luas 36.120 Ha. Sedangkan secara geografis berada pada koordinat 708'00" – 7012'00" LS dan 1070 21'00" – 1070 27'00", berjarak sekitar 45 km arah baratdaya Kota Bandung.

Berdasarkan berbagai hasil penelitian yang dilakukan sejak tahun 2000, potensi bawah permukaan berupa panas bumi telah masuk tahapan pemanfaatan. Tahun 2014 Geo Dipa Energi sebagai pengelola yang diizinkan pemerintah Indonesia telah berhasil menyelesaikan pembangunan 1 unit PLTP di Patuha dengan kapasitas 60 MW. Total potensi energi panas bumi yang dihasilkan di sekitar area tersebut diperkirakan mencapai 400 MW. Saat ini Geo Dipa Energi telah memformulasikan rencana pengembangan PLTP Patuha Unit 2 dan Unit 3 masing-masing dengan kapasitas 55 MW yang merupakan pengembangan Proyek Patuha Unit 1. Pengembangan ini menelan biaya investasi sebesar Rp. 1,2 Triliun.

Kini, Geo Dipa Energi telah merencanakan pengembangan PLTP Patuha Unit 2 dengan kapasitas 55 MW, yang direncanakan COD tahun 2023 dengan biaya

investasi sekitar USD 179 juta. Dengan berproduksinya listrik PLTP Patuha telah mampu meningkatkan kehandalan sistem transmisi Jawa-Bali dengan tambahan suplai listrik sebesar 441 GWh/tahun dan mampu melistriki lebih dari 60 ribu rumah. PLTP Patuha memanfaatkan energi panas bumi yang bersih dan ramah lingkungan. Pemanfaatannya akan mampu menurunkan emisi gas rumah kaca (green house gasses) sebesar 377 ribu ton CO₂/tahun, (Layman, et al., 2003).

Beroperasinya PLTP Patuha ini juga memberikan manfaat secara langsung kepada masyarakat disekitar proyek yang direalisasikan dalam program Community Development. Tahun 2019, GeoDipa Energi telah merealisasikan biaya Community Development sebesar Rp 3,1 miliar untuk kegiatan pendidikan, sosial, kesehatan dan pemberdayaan ekonomi masyarakat setempat. Selain berkontribusi dalam pengembangan masyarakat, PLTP Patuha juga berkontribusi besar pada peningkatan Pendapatan Asli Daerah (PAD) melalui penyetoran Bonus Produksi secara langsung ke Kas Umum Daerah yang pemanfaatannya diprioritaskan untuk masyarakat sekitar PLTP. Secara total, untuk periode penyetoran 2014 - 2019, PT. Geo Dipa Energi Area Patuha telah membayarkan kewajiban Bonus Produksi sebesar Rp. 11,5 Milyar kepada Pemda Kabupaten Bandung. Bonus produksi ini bertujuan agar masyarakat di daerah penghasil dapat merasakan manfaat langsung dari keberadaan PLTP di wilayah mereka. Selain itu, PT. Geo Dipa Energi bersama pemerintah daerah dan masyarakat melaksanakan kewajiban bersama setiap tahunnya yaitu melakukan kegiatan konservasi lahan meliputi hutan dan air dalam rangka pembangunan berkelanjutan.



Gambar 10.32. Tahun 2014 Geo Dipa Energi berhasil menyelesaikan pembangunan 1 unit PLTP di Patuha dengan kapasitas 60 MW. Total potensi energi panas bumi yang dihasilkan di sekitar area tersebut diperkirakan mencapai 400 MW.

10.4.4. Program Konservasi Alam

Tentunya sebagai perusahaan geothermal (panasbumi) sangat memperhatikan kelestarian alam khususnya dalam menjaga daerah imbuhan air tanah tetap konstan sebagai hal penting dalam keberlanjutan PLTP. Oleh karena itu dalam memperingati Hari Lingkungan Hidup, PT Geo Dipa Energi (Persero) Unit Patuha, setiap tahun selalu berkomitmen menyelenggarakan penanaman pohon di sekitar Lapangan Panasbumi Patuha yang bertempat di Desa Sugihmukti, Kecamatan

Pasirjambu, Kabupaten Bandung. Kegiatan ini dilaksanakan bersama dengan Dinas Lingkungan Hidup, Perhutani BKPH Ciwidey PTPN VIII Rancabolang, *The Aspinall Foundation*, *Bird Life Indonesia*, Perhimpunan Anggrek Indonesia dan Pencipta Alam Patuha, serta 80 orang pelajar dari 4 SD dan SMP sekitar perusahaan. Diharapkan keterlibatan masyarakat dalam perhimpunan-perhimpunan tani dan perkebunan semakin banyak. Hal ini menandakan keberhasilan melaksanakan program pemberdayaan masyarakat lokal.

Upaya-upaya penyelamatan lingkungan, rehabilitasi hutan dan lahan, melalui konservasi tanah dan air, serta reboisasi dan penghijauan, sudah tidak dapat ditunda lagi. Selain menjaga siklus hidrologi bagi keberlanjutan energi panasbumi, juga saat ini planet Bumi tengah menghadapi beberapa ancaman global yang serius, seperti banjir, erosi, tanah longsor, kekeringan, pemanasan global, rusaknya lingkungan alam, kepunahan dan hilangnya beberapa jenis flora dan fauna. Hutan yang terpelihara dengan baik, dan lahan yang ditumbuhi pepohonan dengan cukup, akan berfungsi lindung bagi lahan di sekitarnya. “Dengan demikian lahan akan berfungsi dengan baik dalam menata air, menyerap dan menyimpan air, lahan menjadi subur, kelembaban tanah, udara, dan iklim dapat terjaga keseimbangannya,

Program penanaman pohon pun selalu dikaitkan dengan tujuan tertentu yang berkaitan pula dengan konservasi lainnya. Sebagai contoh pepohonan yang ditanam bagian dari program revegetasi untuk pembuatan jembatan makanan untuk Surili, Lutung dan Owa Jawa. Karena secara prinsip jenis monyet yang langka ini harus memakan sekitar 60% dedaunan muda untuk kesehatan pencernaan dalam kehidupannya. Dengan adanya penghijauan ini diharapkan membentuk ekosistem sebagaimana mestinya dan jaringan rantai makanan untuk kehidupan hewan-hewan tersebut dapat terpenuhi dan berkembang biak secara alamiah.



Gambar 10.33. Upaya-upaya penyelamatan lingkungan, rehabilitasi hutan dan lahan, melalui konservasi tanah dan air, serta reboisasi dan penghijauan merupakan salah satu kewajiban pengelola PLTP Patuha untuk menjaga siklus hidrologi bagi keberlanjutan energi panasbumi, juga ikut berkontribusi dalam menjaga daerah imbuhan air tanah bagi wilayah Cekungan Bandung.

Dengan seluruh realisasi penghijauan selama ini, PT. Geo Dipa Energi (Persero) Unit Patuha mencatat sudah menanam sekitar 6080 pohon sejak penanaman dimulai tahun 2016. Manfaat atas program ini mulai terasa secara konkrit yaitu dalam bentuk penyerapan gas karbon sebanyak 557,280 juta ton atau senilai Rp 18,095. miliar, Dengan demikian, kegiatan Penghijauan Lingkungan ini merupakan langkah nyata kepedulian PT. Geo Dipa Energi (Persero) Unit Patuha dalam peningkatan kualitas lingkungan sekitar. Hal ini diharapkan mampu meningkatkan kesadaran seluruh masyarakat agar bisa menjaga lingkungan demi keberlangsungan hidup generasi sekarang dan mendatang secara berkelanjutan.

10.4.5. Pengembangan Geowisata

Kawah Putih ini terletak di daerah Bandung Selatan, dengan menempuh perjalanan kurang lebih 46 km dari Kota Bandung melewati Soreang dan Ciwidey. Memang, Kawah Putih sudah terkenal di kalangan wisatawan lokal maupun mancanegara. Namun, sebelum Franz Wilhelm Junghuhn (1809 -1864) seorang Belanda keturunan Jerman berkunjung ke Kawah Putih di Gunung Patuha pada 1837, jarang ada orang yang berani mengunjungi kawah yang begitu indah ini karena saat itu terkenal angker dan berbahaya, bahkan bukan hanya kawah ini saja yang dianggap berbahaya melainkan juga rawa yang dinamai masyarakat *ranca upas* (*ranca* = rawa), (*upas* = racun) yang berada di sebelah utara Gunung Patuha. Kedatangan Junghuhn ke tempat ini membuka tabir baru. Dari sinilah awal mula berdirinya pabrik belerang kawah putih, dengan sebutan di zaman Belanda *Zwavel Ontginning Kawah Putih*, sementara di zaman Jepang pabrik ini dilanjutkan dengan sebutan *Kawah Putih Kenzanka Yokoya Ciwidey* dan langsung berada di bawah pengawasan militer.



Gambar 10.34. Kawah Putih Gunung Patuha, salah satu potensi objek Geowisata.

Sampai sekarang, bila wisatawan berkunjung ke Kawah Putih masih bisa mencium bau belerang yang menyengat dan melihat sedikit sisa batu-batu berwarna coklat kekuning-kuningan yang mengandung belerang, karena, secara geovulkanologi Kawah Putih masih memperlihatkan tanda-tanda erupsi seperti adanya kawah solfatara dan fumarola, walaupun sejak 1600 gunungapi ini tidak meletus (erupsi). Kawah Putih merupakan kawah yang terbentuk dari aktivitas terakhir Gunung Patuha. Pada awalnya, aktivitas gunungapi di kawasan ini dimulai dari pembentukan Gunung Patuha Tua, disusul dengan pembentukan Gunung Patuha.

Sayangnya, keterkenalan kawah ini tidak diikuti pula dengan keterkenalan nama gunungnya yaitu Gunung Patuha, bahkan potensi panasbuminya yang sangat besar jarang yang mengenalnya. Potensi panas bumi ini, kini secara bertahap lapangan panas bumi Ciwidey-Patuha ini dimanfaatkan untuk kebutuhan pembangkit Tenaga Listrik yang dikelola oleh PT Geodipa Energi. Perusahaan ini adalah Perusahaan Patungan (*joint venture*) PERTAMINA dan PLN untuk mengelola lapangan panas bumi Dieng dan Patuha. Khususnya lapangan Panas Bumi Patuha telah berproduksi sebanyak 60 MW ke PLN sejak September 2014 dan kini terus meningkatkan produksinya.

Kini, PT. Geo Dipa Energi tak hanya memberikan energi listrik yang menerangi ratusan ribu rumah, juga melaksanakan pemberdayaan masyarakat melalui kegiatan inti pengelolaan air panas alami untuk kegiatan pariwisata yang berada di wilayah Cimanggu yang berlokasi di Jalan Raya Ciwidey-Rancabali, Kilometer 12, Kecamatan Ciwidey, Kabupaten Bandung. Air panas yang dimanfaatkan bersumber langsung dari panasbumi Gunung Patuha. Ada tiga kolam berukuran besar yang tersedia bagi pengunjung di pemandian Cimanggu ini. Hanya tinggal memilih, mau berenang di kolam yang mana. Yang jelas Cimanggu berada di tengah hawa gunung yang sejuk, bahkan boleh disebut dingin mencubit kulit, sehingga mandi di air panas alami bersuhu sekitar 50 derajat Celcius akan memberikan sensasi tersendiri. Untuk wisatawan yang tidak terbiasa mandi ramai-ramai, di pemandian air panas Cimanggu ini tersedia juga kamar rendam.

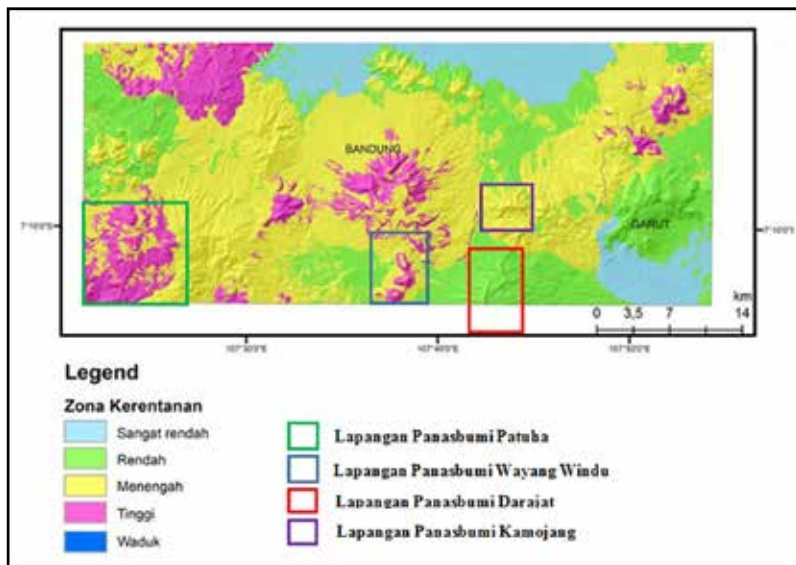
Idealnya sebelum berenang di air panas, terlebih dahulu mengunjungi lokasi pengelolaan Panas Bumi Patuha untuk mendapatkan pengetahuan tentang kegeologian gunung Patuha, proses terbentuknya panasbumi di bawah permukaan, dan proses pembangkitan energi listrik oleh tenaga panas bumi. Selain itu, dapat juga menikmati keasrian taman hutan yang telah dikelola dengan baik, karena di tengah pepohonan yang berdiri di sana-sini, dibangun jalan setapak yang dihampari paving blok. Berbagai bunga yang warna-warni berpadu dengan pepohonan besar berumur ratusan tahun. Di Taman Wisata Alama Cimanggu juga tersedia kolam mancing dan peralatan untuk mancing disediakan pihak pengelola. Jadi, setelah puas berjalan-jalan, mendapatkan ilmu pengetahuan, dan memancing, diakhiri dengan merendam badan di air panas alami.

10.5. ARAHAN GEOLOGI LINGKUNGAN

10.5.1. Kesesuaian Lahan beraspek Geologi Lingkungan

Pengembangan suatu daerah atau kawasan tidaklah lepas hubungannya dengan berbagai faktor lingkungan fisik. Salah satu faktor yang menunjang keberhasilan adalah pengelolaan lingkungan sesuai dengan faktor geologi lingkungan yang merupakan sintesis dari komponen daya dukung dan kendala geologi.

Secara umum wilayah tempat beradanya lapangan panasbumi di selatan Cekungan Bandung menempati morfologi tinggian. Sedangkan, secara spesifik keadaan geologi lingkungan dapat dikelompokkan menjadi 4 zona kerentanan untuk peruntukan permukiman, sebagai berikut, (Gambar 10.35):



Gambar 10.35. Peta Kerentanan Gerakan tanah di wilayah Pegunungan Bandung Selatan.

A. Zona Kerentanan Peruntukan Permukiman Sangat Rendah

Wilayah ini menempati wilayah pedataran hingga pedataran bergelombang landai dengan kemiringan lereng kurang dari 8%, meliputi wilayah Kota Soreang, Kota Majalaya, sebagian kota Banjaran, dan Kota Garut. Kualitas lahannya cukup memadai, sehingga secara geologi lingkungan jika dikembangkan menjadi lahan permukiman perkotaan atau industri tidak akan menimbulkan dampak negatif.

Sebagai faktor pendukung geologi untuk tujuan pengembangan tersebut di atas adalah 1) mudah dalam penggalian untuk pondasi dangkal (kurang dari 2 meter) dan batuan keras dengan tekanan konus lebih besar dari 150 kg/cm² berada pada kedalaman lebih besar dari 2 hingga kurang dari 9 meter; 2) mudah mendapatkan bahan bangunan dengan letak lokasinya relatif dekat; 3) sumberdaya air tersedia cukup berlimpah berupa air permukaan yang dapat diambil dari sungai-sungai yang

selalu berair sepanjang tahun, air tanah bebas dengan debit sumur mencapai sekitar 10 liter/detik dan letak kedalamannya antara 2 hingga 9 meter, dan dalam keadaan terpaksa bisa diperoleh dari air tanah dalam (tertekan) dengan letak kedalamannya antara 45 hingga lebih dari 65 meter.

Sebagai faktor kendala geologi, dijumpai berupa erosi permukaan di daerah yang terbuka dengan vegetasi jarang, namun bahaya geologi ini relatif kecil. Bahaya lainnya adalah gempabumi, sehingga untuk pendirian bangunan terutama bangunan berat perlu memperhatikan kontruksi bangunan tahan gempa sesuai kondisi geologi tekniknya.

B. Zona Kerentanan Peruntukan Permukiman Rendah

Wilayah ini tersusun oleh batuan vulkanik muda dan aluvium dan menempati morfologi pedataran hingga perbukitan bergelombang halus dengan kemiringan kurang dari 25%, setempat berupa morfologi lembah sungai dengan kemiringan lereng lebih besar dari 25% dan sering tergenang di kala musim hujan. Wilayah ini menempati hampir seluruh wilayah lapangan panasbumi Darajat, sebagian kecil di wilayah utara lapangan panasbumi Kamojang, sebagian kecil wilayah barat dan timur lapangan panasbumi Wayang-Windu, wilayah Majalaya dan wilayah Banjaran. Kualitas lahannya cukup memadai, sehingga secara geologi lingkungan jika dikembangkan menjadi lahan permukiman perkotaan atau industri tidak akan menimbulkan dampak negatif.

Sebagai faktor pendukung geologi untuk tujuan pengembangan wilayah tersebut di atas adalah 1) agak mudah dalam penggalian untuk pondasi dangkal (kurang dari 2 meter) dan batuan keras dengan tekanan konus lebih besar dari 150 kg/cm² berada pada kedalaman lebih besar dari 2 hingga kurang dari 9 meter; 2) mudah mendapatkan bahan bangunan dengan letak lokasinya relatif dekat; 3) sumberdaya air tersedia cukup berlimpah berupa air permukaan yang dapat diambil dari sungai-sungai yang selalu berair sepanjang tahun, air tanah bebas dengan debit sumur mencapai sekitar 10 liter/detik dan letak kedalamannya antara 2 hingga 9 meter, mata air banyak dijumpai di kaki-kaki bukit disekitarnya dengan debit mencapai sekitar 300 liter/detik, dan dalam keadaan terpaksa bisa diperoleh dari air tanah dalam (tertekan) dengan letak kedalamannya antara 45 hingga lebih dari 65 meter.

Sebagai faktor kendala geologi, dijumpai berupa 1) erosi permukaan; 2) gerakan tanah sedang terutama pada morfologi lembah sungai sehingga lembah tersebut diupayakan bervegetasi; 3) gempabumi, sehingga untuk pendirian bangunan terutama bangunan berat perlu memperhatikan kontruksi bangunan tahan gempa sesuai kondisi geologi tekniknya; 4) bahaya letusan gunungapi mencakup Gunung Guntur, Gunung Papandayan, dan Kawah Putih Gunung Patuha, terutama ketika gunung-gunung tersebut memasuki periode letusan.

Penggalian pasir sungai dan batu belah di sepanjang alur sungai terutama di sekitar lembah sungai yang curam perlu memperhatikan kondisi geologi teknik, teknik penambangan yang baik, dan tidak membiarkan lahan terbuka terlalu lama sehingga

tidak menimbulkan bencana terutama korban manusia dan kerugian infrastruktur penting atau strategis.

C. Zona Kerentanan Peruntukan Permukiman Menengah

Wilayah ini tersusun oleh batuan hasil gunungapi muda dan tua yang membentuk morfologi kaki pegunungan dengan kemiringan lereng lebih besar dari 8% hingga kurang dari 25%, setempat lebih besar dari 25% terutama pada lembah-lembah sungai. Secara umum menempati sebagian besar wilayah lapangan panasbumi Kamojang, kaki pegunungan wilayah lapangan panasbumi Wayang-Windu, setempat-setempat wilayah panasbumi Patuha, sebagian besar wilayah Ciwidey, dan sebagian besar wilayah Pangalengan.

Dengan mempertimbangkan kondisi geologi lingkungan, wilayah ini baik dikembangkan sebagai lahan pertanian tanaman keras, permukiman pedesaan secara terbatas, sebagian sebagian material gunung api dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan berupa pasir, kerikil, dan batu belah. Namun, dalam pemanfaatannya harus memperhatikan kelestarian lingkungan karena sebagian wilayah berperan sebagai daerah resapan air utama.

Sebagai faktor pendukung geologi untuk tujuan pengembangan wilayah tersebut di atas adalah 1) agak mudah dalam penggalian untuk pondasi dangkal (kurang dari 2 meter), 2) mudah mendapatkan bahan bangunan dengan letak lokasinya relatif dekat; 3) sumberdaya air tersedia cukup berlimpah berupa air permukaan yang dapat diambil dari sungai-sungai yang selalu berair sepanjang tahun, air tanah bebas dengan debit sumur mencapai sekitar 10 liter/detik dan letak kedalamannya 2 hingga 9 meter, dan mata air banyak dijumpai di kaki-kaki bukit disekitarnya dengan debit mencapai sekitar 300 liter/detik.

Sebagai faktor kendala geologi, dijumpai berupa 1) erosi permukaan dengan katagori tinggi; 2) zona gerakan tanah sedang sampai tinggi terutama pada morfologi lembah sungai; 3) gempabumi dapat memicu gerakan tanah, sehingga diupayakan terutama lembah sungai bervegetasi dan untuk pendirian bangunan terutama bangunan berat seperti di lokasi pengembangan panasbumi perlu memperhatikan kontruksi bangunan tahan gempa sesuai kondisi geologi tekniknya; 4) bahaya letusan gunungapi mencakup Gunung Guntur, Gunung Papandayan, Gunung Wayang-Windu, dan Kawah Putih Gunung Patuha, terutama bila memperlihatkan peningkatan aktifitas erupsi atau mendapat peringatan bahaya dari PVMBG-Badan Geologi.

Antisipasi bahaya lainnya adalah berkaitan dengan kondisi wilayah yang sebagian besar bervegetasi jarang dan sebagian sebagai lahan pertanian basah akibat alih fungsi lahan, serta kondisi tanah yang gembur menyebabkan mudah terjadi lonsoran yang dapat merugikan manusia. Demikian juga pada kegiatan pertambangan harus memperhatikan teknik penambangan yang benar agar tidak menimbulkan kerugian pada manusia dan infrastruktur penting.

D. Zona Kerentanan Peruntukan Permukiman Tinggi

Wilayah ini tersusun oleh batuan hasil gunungapi muda dan tua yang menempati morfologi kaki pegunungan bagian atas hingga puncak pegunungan dengan kemiringan lereng mulai lebih besar dari 8% hingga lebih besar dari 45% terutama pada lembah-lembah sungai. Secara umum menempati sebagian besar wilayah lapangan panasbumi Patuha, sebagian wilayah lapangan panasbumi Wayang-Windu, setempat-setempat wilayah panasbumi Darajat, setempat-setempat wilayah panasbumi kamojang, sebagian wilayah Ciwidey, dan sebagian wilayah Pangalengan.

Dengan mempertimbangkan kondisi geologi lingkungan, wilayah ini harus mempertahankan kawasan hutan dan perkebunan tertentu seperti perkebunan Teh sebagai faktor pendukung geologi, karena secara hidrogeologi berperan sebagai daerah resapan air utama yang mengisi akuifer dalam di pedataran Cekungan Bandung dan menjaga kestabilan debit mata air yang mengisi alur-alur sungai sepanjang tahun.

Sebagai faktor kendala geologi, dijumpai berupa 1) erosi permukaan dengan katagori tinggi apalagi bila terjadi pembukaan lahan; 2) zona gerakan tanah sedang sampai tinggi terutama pada morfologi lembah sungai, pada umumnya membutuhkan antisipasi teknik sipil dan program vegetatif pada jalan-jalan desa di pegunungan agar dapat bertahan apabila terjadi gempa bumi; 4) bahaya letusan gunungapi, diantaranya yang harus diantisipasi adalah Gunung Guntur, Gunung Papandayan, Gunung Wayang-Windu, dan Kawah Putih Gunung Patuha, terutama bila memperlihatkan peningkatan aktifitas erupsi atau mendapat peringatan bahaya dari PVMBG-Badan Geologi.

10.5.2. Mitigasi Bencana beraspek Geologi

Panas bumi memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk memenuhi kebutuhan energi kita yang semakin berkembang. Sebagai sumber energi yang berasal dari dalam bumi dan sebagai sebuah teknologi, panas bumi memiliki sejumlah risiko dan dampak pada setiap tahap pemanfaatannya, juga umumnya diikuti dengan perkembangan wilayah baik permukiman maupun pertanian. Walaupun risiko-risiko ini sudah diidentifikasi, dipelajari, dan dianalisis pada tahap awal melalui Studi AMDAL dan Detail Engineering Design (DED), namun, yang terpenting adalah implementasi dari studi tersebut secara konsisten, salah satunya sebagai langkah mitigasi untuk menghindari terjadinya bencana.

Selain kecakapan dan kehati-hatian para pengelola panas bumi, kebijakan dan kerangka regulasi pemerintah harus mampu mengurangi faktor-faktor resiko tersebut. Penetapan wilayah kerja panasbumi harus mempertimbangkan faktor kerentanan ekosistem, kerentanan geologi lokal terciptanya gempa yang diinduksi dari kegiatan pengeboran panas bumi, serta potensipotensi bahaya lainnya dari lingkungan dan tanah sekitar. Otoritas pemerintah dan badan regulator harus mengawasi dan melakukan pengawasan terhadap pemilihan teknik dan model pengeboran serta pilihan teknologi pembangkit panas bumi untuk menghindari dampak-dampak lingkungan, ekonomi dan sosial-budaya. Tindakan preventif yang didorong oleh

kebijakan dan regulasi yang kukuh serta penerapan dan kepatuhan yang baik, serta kehati-hatian dalam operasi perusahaan, memungkinkan pengelolaan resiko yang lebih baik sehingga sumberdaya panas bumi dapat dimanfaatkan energinya untuk mendukung pembangunan manusia.

Menurut Bronto, drr (2006), pada saat ini seluruh gunung api di wilayah Pegunungan Bandung Selatan dalam keadaan tenang. Kegiatan vulkanisme hanya berupa lapangan fumarola dan mata air panas di Kamojang, Darajat (Gunung Kendang), Wayang-Windu, Gunung Patuha, dan lainnya. Kondisi tenang tersebut perlu dicermati karena tidak menutup kemungkinan dapat terjadi reaktivasi kegiatan gunung api, mengingat daerah tersebut masih terpengaruh oleh kegiatan tektonika masa kini. Bahkan waktu tenang dan masa istirahat panjang suatu gunung api dapat berakhir dengan erupsi sangat eksplosif yang menyebabkan timbulnya bencana di masa mendatang. Hal ini, dikarenakan magma di bawah gunung api tersebut mungkin masih aktif dan mengalami diferensiasi, dari komposisi basal menjadi andesit atau bahkan sampai dasit. Selama proses diferensiasi bahan volatil atau gas terpisah dari cairan magma membentuk tekanan di dalam dapur magma gunung api. Secara teoritis semakin lama istirahat, semakin lama proses diferensiasi, maka tekanan gas gunung api akan semakin kuat. Letusan gunung api akan terjadi apabila tekanan gas itu sudah lebih besar dari tekanan batuan penutup di atasnya.

Selain itu, kegiatan tektonik yang aktif di daerah ini juga dapat menimbulkan bencana gempa bumi, baik sebagai kegiatan tersendiri maupun mengawali letusan gunung api. Gempa bumi terkini terjadi pada tahun 2005 yang melanda wilayah Kecamatan Ibum dan Kecamatan Kertasari di kawasan Gunung Kendang dan Gunung Dogdog. Gempa bumi ini bersamaan waktunya dengan gempa bumi di Pasirwangi, Kabupaten Garut. Untuk mengantisipasi kemungkinan buruk di waktu mendatang, penelitian dan mitigasi bencana alam geologi, yang mencakup gempa bumi, letusan gunung api, dan tanah longsor sangat disarankan untuk dilakukan oleh pihak yang berwenang.

Wilayah pegunungan Cekungan Bandung Bagian Selatan merupakan daerah yang sangat subur. Di wilayah ini mayoritas penduduk bekerja sebagai petani sayuran dan juga petani pemetik teh. Kondisi tanah yang subur dan iklim yang sangat sesuai untuk aktivitas pertanian tersebut rupanya tak hanya memiliki dampak yang baik, kondisi tersebut menyebabkan wilayah pegunungan ini rawan terhadap bencana longsor.

Berdasarkan observasi lapangan yang telah dilakukan, banyak sekali titik-titik longsor yang ditemukan. Baik longsor dalam skala kecil maupun dalam skala besar. Salah satu lokasi yang rawan longsor dapat dilihat pada Gambar 10.36. Bencana tanah longsor ini bukan hanya dampak dari kondisi iklim dan juga kondisi tanah di wilayah Pegunungan Bandung Selatan, namun juga disebabkan oleh faktor lainnya seperti kemiringan lereng, bentuk muka bumi, jarak lokasi dengan jalur sungai dan sesar/patahan, curah hujan, dan tutupan lahan.

Sesungguhnya ada banyak cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi risiko longsor di sekitar daerah prospek panas bumi. Hal yang dapat dilakukan adalah melakukan penguatan lereng dengan membangun bangunan struktur fleksibel dan

kuat, membuat sistem sengkedan di lereng, membuat sistem saluran air yang baik dan juga menggunakan teknik vegetasi. Pada daerah Panas Bumi, pembangunan infrastruktur harus memperhatikan daerah-daerah yang rawan terhadap bencana longsor. Jika tetap harus membangun di daerah tersebut, maka harus melakukan pengamanan tertentu. Secara umum longsor juga bisa ditangani dengan melakukan perbaikan geometri lereng. Hal penting yang juga dapat dilakukan adalah membuat pemantauan pergerakan tanah di bangunan-bangunan atau tempat-tempat krusial.



Gambar 10.36. Lokasi longsor lama di sekitar Gunung Patuha Tua. Secara umum morfologi lokasi bencana dan sekitarnya merupakan bukit agak terjal-terjal, dengan kemiringan lereng antara 10 - 40°, ketinggian antara 1460 - 1865 mdpl.

BAB 11

KARST RAJAMANDALA TEMPAT KEHIDUPAN MANUSIA PURBA DAN MODERN

Kontributor:

Adrikni, Aminuddin, Gingin Gunawan,
Tantan Hidayat, dan Rustam



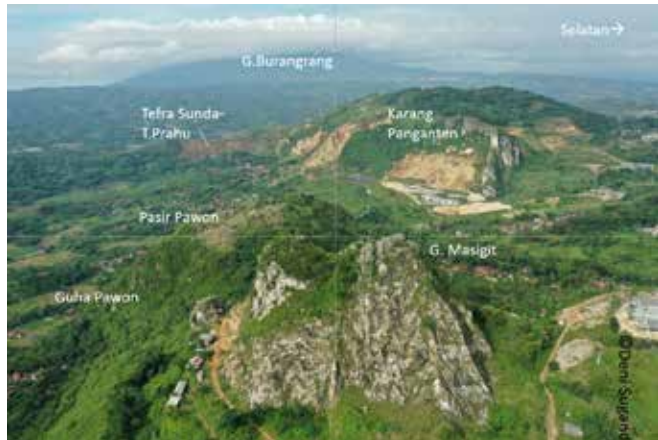
Kawasan Rajamandala dan Padalarang adalah bagian wilayah Kabupaten Bandung Barat. Secara geografis, Kecamatan Cipatat merupakan pintu gerbang Kabupaten Bandung Barat dengan luas wilayah 10.320 ha berupa lahan sawah 1.794 ha dan tanah darat 8.526 ha. Karst Citatah karst Citatah ini berjarak sekitar 25 km arah barat Kota Bandung. Secara regional daerah daerah Citatah dan sekitarnya berada di cekungan depan Benua Eurasia dengan kedudukan cekungan relatif berada di sebelah selatan. Pembentukan dan pengendapan batugamping berlangsung secara berulang dalam keadaan genang laut. Setempat, kawasan Karst Citatah-Rajamandala merupakan perbukitan kapur berketinggian antara 700-900 m di atas permukaan laut. Menurut van Bemmelen (1949) karst Citatah merupakan bagian dari Perbukitan Karst Rajamandala yang merupakan batas barat dari Cekungan Bandung. Di wilayah karst Rajamandala, selain banyak kegiatan pertambangan, juga terdapat objek Wisata, yakni Cipanas dan Situs Purbakala Gua Pawon. Selain itu, di wilayah ini terdapat beberapa fasilitas pemerintah dan publik, antara lain Pusdik Brigif TNI AD, Indonesia Power (Pembangkit Tenaga Listrik), Pilot Plan Pengolahan Mineral Puslitbang tekMIRA, dan TPA Sampah Sarimukti yang menampung sampah dari Kota Bandung, Kabupaten Bandung, Kabupaten Bandung Barat, dan Kota Cimahi.

11.1. FENOMENA GEOLOGI

Kegiatan penelitian geologi terhadap Formasi Rajamandala telah dilakukan antara lain oleh Harting (1929), Musper (1939), dan Bemmelen (1949). Clements dan Hall (2007) mengungkapkan perkembangan tektonik dan stratigrafi Jawa Barat dari Kapur hingga Miosen Akhir, mengatakan bahwa batugamping Formasi Rajamandala terbentuk di tepian Dataran Sunda dan berakhir karena kegiatan gunungapi Miosen Tengah. Hall dr. (2007) menyatakan bahwa dengan kondisi tektonik tersebut, maka Formasi Rajamandala cukup berpotensi sebagai batuan waduk hidrokarbon.

Batugamping Formasi Rajamandala yang berumur Oligosen Akhir sampai Miosen Awal, ditafsirkan sebagai bagian dari karang penghalang (barrier reef) yang berarah timur timurlaut - barat baratdaya dengan bagian muka terumbu dan cekungan berada di bagian utara (Siregar, 2005). Fasies terumbu yang terbentuk merupakan hasil bentukan pada paparan karbonat terisolasi di wilayah tektonik cekungan busur belakang dengan keadaan genang laut (Jeffrey, 2008). Tabri (2006) mengungkapkan bahwa batuan fasies laguna tersusun oleh bioklastika packstone kaya fosil, batuan fasies terumbu disusun oleh boundstone dan rudstone di dalam matriks packstone yang merupakan bagian dari puncak terumbu, fasies lerengan didukung oleh pecahan koral dan endapan breksi aliran pelongsoran, serta fasies lerengan jauh didukung oleh packstone turbidit dan berselingan dengan napal dan serpih. Pada kala Miosen Tengah, Fasies batugamping tersebut sangat berkurang dan terhenti perkembangannya akibat kegiatan letusan di Busur Gunungapi Jawa (Clement & Hall, 2007).

Gambar 11.1. Kawasan Karst Citatah, bagian ndari Formasi Rajamandala, (Foto: Deni Sugandi, 2021).



Formasi Rajamandala mempunyai ketebalan terukur mencapai 180 m, yang dibentuk dalam lingkungan pengendapan, dimulai mengendapkan batugamping pada fasies terumbu depan hingga inti terumbu. Lingkungan pengendapan ini berkembang menjadi perulangan endapan batugamping pada fasies sayap terumbu hingga terumbu depan dengan beberapa sisipan bentukan inti terumbu. Karena terpengaruh oleh genang laut, lingkungan pengendapan batuan bergeser dan diakhiri oleh endapan batugamping dari fasies tepi lerengan dan dangkalan paparan karbonat.

11.1.1. Keragaman Bentang Alam Karst Rajamandala

Batugamping Formasi Rajamandala merupakan salah satu kunci proses dinamika dan perkembangan cekungan Tersier dan Kuarter di Jawa, khususnya di Cekungan Bandung (Maryanto dr., 2008). Salah satu proses dinamika dan perkembangan Cekungan Bandung adalah terbentuknya gua-gua yang beberapa di antaranya menyimpan fosil hominid, seperti yang ada di Gua Pawon. Dengan demikian, permasalahan utama adalah belum dilakukannya penelitian mengenai proses pembentukan gua ini. Aspek petrologi dan mineralogi terhadap percontoh batugamping yang tersingkap di sekitar Gua Pawon dipakai sebagai dasar pemecahan masalah pembentukan gua ini.

Kegiatan penelitian geologi terhadap Formasi Rajamandala telah dilakukan sejak zaman penjajahan, antara lain oleh Harting (1929), Musper (1939), Bemmelen (1949), dan peneliti lainnya. Clements dan Hall (2007) telah mengungkapkan perkembangan tektonik dan stratigrafi Jawa Barat dari zaman Kapur hingga Miosen Akhir. Dikatakan bahwa batugamping Formasi Rajamandala terbentuk di tepian Dataran Sunda dan berakhir karena kegiatan gunung api Miosen Tengah. Hall dr. (2007) menyatakan bahwa dengan kondisi perkembangan tektonik tersebut maka Formasi Rajamandala cukup berpotensi sebagai batuan waduk hidrokarbon.

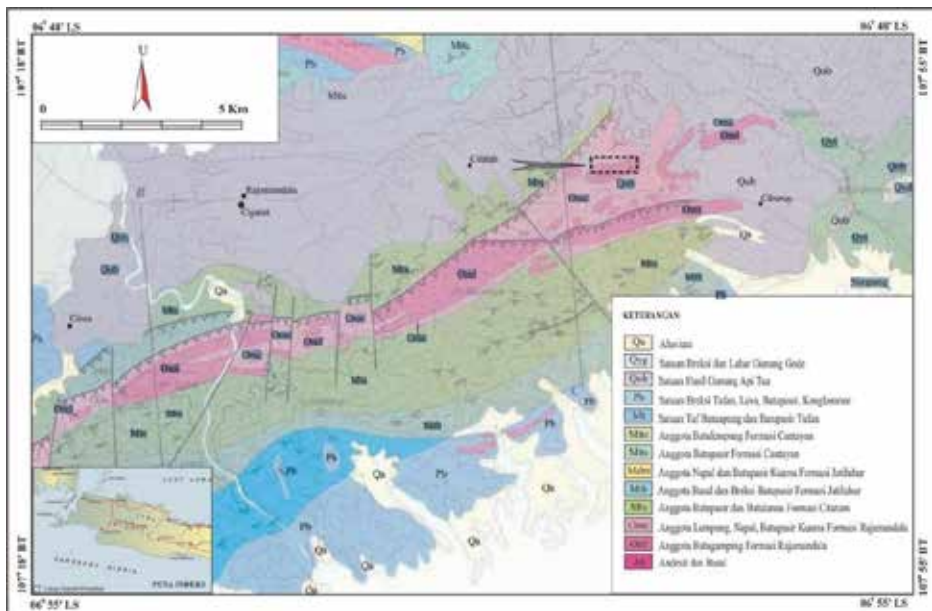
Siregar (2005) mengatakan bahwa Formasi Rajamandala berumur Oligosen Akhir sampai Miosen Awal, dan menafsirkannya sebagai karang penghalang dengan muka terumbu dan cekungan di utara. Tabri (2006) mengungkapkan bahwa Formasi Rajamandala terdiri atas *boundstone* dan *rudstone* yang merupakan bagian puncak terumbu, dan secara umum batu-batuan tersebut berada di lingkungan paparan karbonat dalam kondisi genang laut (Jeffrey, 2008). Batuan fasies laguna tersusun oleh bioklastika *packstone* kaya dengan fosil; fasies terumbu disusun oleh kerangka koral pejal di dalam matriks *packstone*; fasies lerengan didukung oleh pecahan koral dan endapan breksi aliran pelongsoran; fasies lerengan jauh didukung oleh *packstone* turbidit dan berselingan dengan napal dan serpih.

Perbukitan Karst Rajamandala merupakan perbukitan lipatan dari batuan marine Tersier terdiri atas batulempung Formasi Batuasih, batugamping Formasi Rajamandala, batupasir-batulempung Formasi Citarum, dan breksi Formasi Saguling. Di daerah Tagogapu-Citatah-Saguling, morfologi yang menonjol adalah perbukitan Karst yang terjadi pada batugamping Formasi Rajamandala. Perbukitan gamping ini berperan dalam sejarah pengeringan danau Bandung dimana sungai Citarum berhasil mengeringkannya setelah membobol sebagian dari Perbukitan Rajamandala yaitu di Sang Hyang Tikoro.

11.1.2. Keragaman Batuan

Kegiatan pemetaan geologi bersistem berskala 1:100.000 telah dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung (Sudjatmiko, 2003, Gambar 5-1). Satuan batuan tertua yang tersingkap di daerah penelitian adalah Formasi Rajamandala, dan secara berurutan ditindih oleh Formasi Citarum (Mts), Formasi

Jatiluhur (Mtb/Mdn), Formasi Cantayan (MttS/Mttc), Satuan tuf batupung dan batupasir tufan (Mt), Satuan breksi tufan, lava, batupasir, konglomerat (Pb), Satuan hasil gunung api tua (Qob), Satuan breksi dan lahar Gunung Gede (Qyg), dan Aluvium. Formasi Rajamandala yang berumur Oligo-Miosen terdiri atas dua anggota, yaitu Anggota Batugamping (Oml) dan Anggota Lempung, Napal, Batupasir Kuarsa (Omc). Anggota Batugamping massif Formasi Rajamandala (Oml) yang berketebalan sampai 650 m, terdiri atas Batugamping pejal sampai batugamping berlapis dengan fosil Foraminifera berlimpah. Anggota Lempung, Napal, Batupasir Kuarsa Formasi Rajamandala (Omc) yang berketebalan sampai 1.150 m, terdiri atas lempung, lempung napalan, napal globigerina, batupasir kuarsa, dan konglomerat kerakal kuarsa. Sedangkan sifat fisiknya menunjukkan warna abu-abu hingga abu-abu kecoklatan, keras, banyak ditemukan struktur *stylolite*. Berdasarkan teksturnya terdiri atas *wackstones*, *mudstones*, *bounstones* dan *pasckstone*. Tidak ada pengukuran jurus dan kemiringan lapisan batuan karena sifatnya yang masif.



Gambar 11-2. Peta Geologi Wilayah Rajamandala dan sekitarnya, (Sumber: Sudjatmiko, 2003).

Keberadaan Gua Pawon pada karst Rajamandala telah dipetakan secara terperinci oleh Maryanto (2009), bahwa keadaan stratigrafi di sekitar Gua Pawon terlihat banyak hancuran batuan akibat tersesarkan, sedangkan di bagian timur masih dapat dilacak dengan baik. Secara umum batugamping yang tersebar, terdiri atas batugamping fasies *packstone-wackestone*, dan kadang-kadang berkembang juga menjadi *grainstone* dan *floatstone*. Batugamping tersebut terendapkan di lingkungan cekungan lokal pada terumbu belakang hingga sayap terumbu. Secara megaskopis, di lintasan Gua Pawon terlihat proses diagenesis pada runtunan batugamping meliputi penyemenan, pelarutan, pemampatan, dan pendolomitan.

Pengisian rongga dan penyemenan fase pertama terlihat pada beberapa lapisan batuan, khususnya pada batugamping yang berukuran agak kasar. Pelarutan sangat jelas terlihat di lapangan dengan terbentuknya rongga dan gua, yang beberapa di antaranya telah mengalami proses pengisian rongga atau penyemenan fase akhir. Pemampatan terjadi pada hampir seluruh batuan yang teramati yang dicirikan oleh hubungan antarbutir yang tampak padat dan mampat akibat pembebanan. Pemampatan yang berkaitan dengan tektonik terlihat berupa lapisan terstilolitkan dengan beragam amplitudo. Sedangkan pendolomitan yang terjadi pada batugamping Formasi Rajamandala dimulai dari bagian matriks batuan, berlanjut hingga ke seluruh komponen batugamping yang ada. Kristal dolomit pada umumnya berbentuk rombohedral mosaik idiotopik hingga senotopik dengan ukuran halus hingga sedang. Ion magnesium sebagai komponen penyusun dolomit berasal dari air formasi yang terjebak segera sesudah pengendapan batuan.

Bagian tengah Formasi Rajamandala yang terdolomitkan tampaknya lebih intensif terpengaruh oleh pelarutan di lingkungan diagenesis meteorik *vadose* yang membentuk gua dan pendolomitan hadir pula pada singkapan yang berdekatan dengan Gua Pawon yang dicirikan dengan warna batugamping yang semakin memutih kemerahan. Secara teoritis dolomit primer yang terbentuk bersamaan dengan proses pengendapan batuan pada umumnya dapat terjadi di lingkungan paparan terbatas hingga paparan penguapan (*restricted to evaporite platform*; Wilson, 1975). Oleh karena batugamping Formasi Rajamandala di lintasan Gua Pawon diidentifikasi terendapkan pada fasies cekungan lokal terumbu belakang, maka dolomit yang dijumpai pada formasi ini diduga semata-mata merupakan hasil proses diagenesis setelah pengendapan batuan. Hal ini terjadi karena secara stratigrafis, batugamping Formasi Rajamandala yang berumur Oligo-Miosen telah tertindih oleh beberapa satuan batuan sedimen Tersier dan batuan gunungapi Kuarter. Keadaan ini adalah salah satu penyebab terjadinya proses diagenesis pendolomitan. Pendolomitan pada batugamping Formasi Rajamandala diperkirakan dimulai dari fase penimbunan formasi (*burial dolomitization*; Tucker & Wright, 1990) akibat penindihan Formasi Rajamandala oleh beberapa satuan batuan Tersier dan Kuarter. Pendolomitan yang berpengaruh terhadap batugamping Formasi Rajamandala ini tidak memilih fasies batuan karbonat.

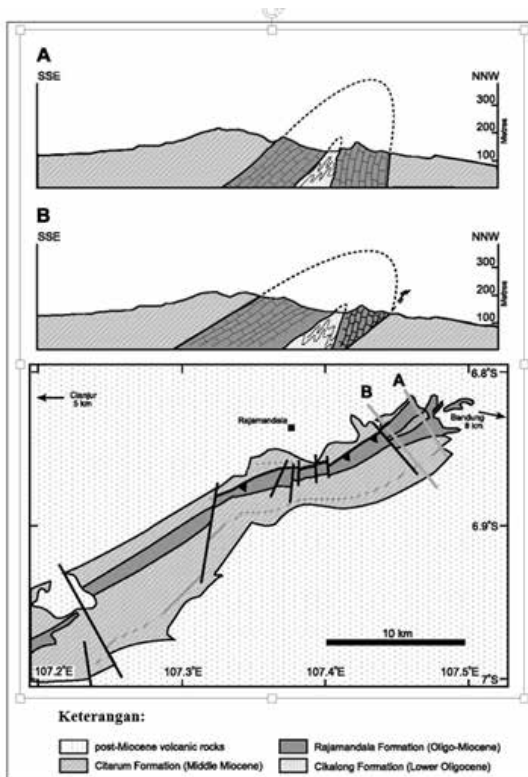
Unsur magnesium sebagai bahan pembentuk mineral kalsit magnesium dan dolomit pada umumnya berasal dari air laut itu sendiri (James, 1991) yang terjebak di dalam formasi. Pada saat terjadi penimbunan formasi, maka ion magnesium sebagai penyusun kristal dolomit mengalir dan mengganti ion kalsium pada batugamping Formasi Rajamandala, yaitu selama proses diagenesis penimbunan berlangsung. Proses penggantian yang berlangsung pada fase penimbunan batuan tersebut tercermin dari ciri petrografi dolomit, yang kebanyakan berkaitan atau sangat berdekatan dengan proses penstilolitan batuan. Struktur stilolit ini lebih tampak dengan jelas di lapangan.

Tampaknya, proses pendolomitan ini berlangsung dari fase penimbunan formasi hingga proses pengangkatan batugamping Formasi Rajamandala ke permukaan. Hal ini dicirikan dengan dijumpainya dolomit yang mengganti sebagian kalsit isian

kekar dan rongga batuan berstruktur mosaik drus anhedral dari lingkungan meteorik freatik. Isian kekar dan rongga batuan ini terbentuk pascatektonik dan penstilonan batuan. Dengan demikian, pendolomitan fase kedua terjadi bersamaan dengan pangangkatan formasi ke permukaan di lingkungan meteorik freatik. Selama proses pangangkatan batugamping Formasi Rajamandala ke permukaan, proses pelarutan di lingkungan diagenesis meteorik *vadose* berlangsung dengan intensif. Proses ini menjadi lebih intensif terjadi pada batugamping yang mengandung kalsit magnesian atau dolomit karena batuan relatif lebih banyak mengandung pori-pori antar-kristal yang beberapa di antaranya saling berhubungan apabila dibandingkan dengan batugamping ber kandungan kalsit bebas unsur magnesium. Sebagai hasilnya adalah terbentuknya cukup banyak rongga pelarutan yang terbentuk di lingkungan meteorik *vadose*. Terbentuknya rongga pelarutan berskala besar, baik yang telah mengalami pengisian tahap terakhir hingga tidak berongga lagi maupun yang belum mengalami pengisian rongga, sehingga membentuk gua yang secara stratigrafis berada pada bagian batugamping yang terdolomitkan.

11.1.3. Keragaman Struktur Geologi

Sebaran Formasi Rajamandala mengikuti pola lipatan yang berkembang pada formasi batuan yang lebih tua (Gambar 11-3). Di daerah Cikembar yaitu di bagian barat Gunung Walat, sebaran Formasi Rajamandala mengikuti pola lipatan antiklin,



Gambar 11-3. Peta Sebaran batugamping Rajamandala dan pola struktur yang berkembang di wilayah Bandung Barat.

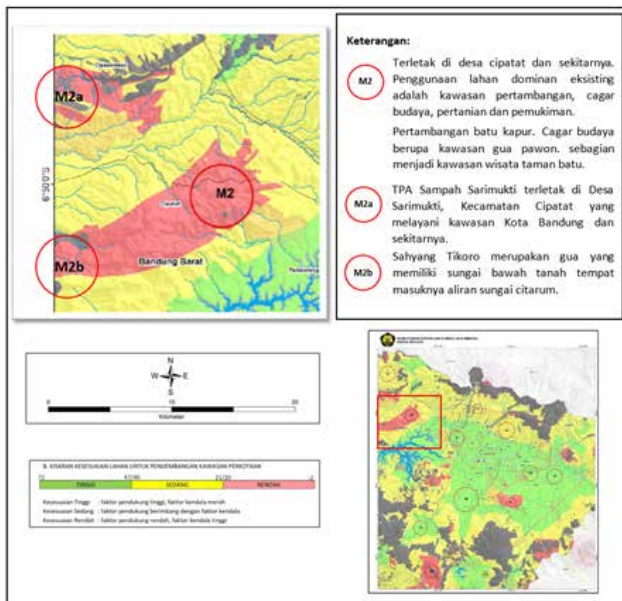
yang sumbu lipatan-nya berada pada Formasi Walat. Walaupun tubuh batugamping Formasi Rajamandala ini tidak memperlihatkan bidang perlapisan, namun dari pola sebaran batuan-nya dapat disimpulkan kemiringan lapisan batuan-nya relatif sejajar dengan Formasi Walat.

Formasi Rajamandala disamping telah mengalami proses perlipatan dan sesar naik, juga telah mengalami robekan secara lateral. Indikasi ada-nya sesar mendatar ditemukan di se-jumlah tempat, antara lain di lokasi penambangan batugamping di daerah Cikembar, singkapan di daerah Cisaat dan di beberapa lokasi lainnya. Dari hasil rekontruksi pola jurusnya serta dari aspek morfologinya, jalur sesar mendatar pada Formasi Rajamandala merupakan jalur sesar yang sejajar dengan yang mensesarkan Formasi Walat dan Formasi Batuasih. Maka proses deformasi pada batuan sedimen paleogen berlangsung secara bersamaan.

Penampakan singkapan batugamping di Lintasan Gua Pawon pada bagian bawah runtunan stratigrafi, kebanyakan telah terpengaruh oleh kekar dan penggerusan batuan, seperti terlihat di lokasi Gua Pawon yang memiliki mulut gua lebih dari 10 m, pada bagian tengah runtunan stratigrafi yang berupa fasies packstone-wackestone berlapis baik dan bagian atas runtunan stratigrafi yang berupa fasies packstone-wackestone yang melampar di permukaan gunung.

11.2. GEOLOGI LINGKUNGAN WILAYAH CITATAH DAN SEKITARNYA

Berdasarkan cuplikan keadaan Geologi lingkungan di wilayah Citatah dan sekitarnya dari peta Geologi Lingkungan Cekungan Bandung skala 1: 50.000 yang di susun oleh Badan Geologi pada 2019 yang lalu, terdapat tiga hal yang perlu diperhatikan untuk ditindaklanjuti dalam penyelidikan yang lebih rinci, (Gambar 11.4) seperti dijelaskan berikut ini.



Gambar 11.4. Peta Geologi Lingkungan wilayah Citatah dan sekitarnya, yang merupakan bagian dari peta Geologi Lingkungan Cekungan Bandung.

Pertama adalah keberadaan kawasan pertambangan (M2) yang terletak di desa Cipatat dan sekitarnya. Penggunaan lahan dominan eksisting adalah kawasan pertambangan batu kapur, Cagar Budaya Gua Pawon Stone Garde sebagai objek Geowisata, dan pertanian dan pemukiman.

Kedua adalah keberadaan TPA Sampah Regional Sarimukti (M2a), yang terletak di Desa Sarimukti, Kecamatan Cipatat yang melayani kawasan Kota Bandung, Kabupaten Bandung, Kabupaten Bandung Barat, dan wilayah lainnya, yang tidak lama lagi akan berakhir pemanfaatannya. Namun, demikian adanya perluasan dan perpanjangan TPA sampah tersebut membutuhkan evaluasi yang seksama. Hal ini disebabkan pengelolaan yang terjadi selama ini menunjukkan ketidaksesuaian dengan Detail Engineering Desain (DED) dan Rencana Pengelolaan Lingkungan (RPL) seperti yang diamankan dalam Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL).

Ketiga adalah adanya obyek Geowisata Sahyang Tikoro yang memiliki keunikan sungai bawah tanah tempat masuknya sebagian aliran sungai Citarum. Karena keunikan geologi itulah, Sahyang Tikoro ini masuk dalam Kawasan Bentang Alam Karst (KBAK) yang telah ditetapkan melalui penetapan Kawasan bentang Alam Karst (KBAK) Citatah Kab. Bandung Barat sesuai Kepmen ESDM nomor: 1830 K/40/ MEM/ 2018 pada tanggal 8 Mei 2018, berada di Kecamatan Cipatat, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat dengan luas 91,36 ha.

Ketiga wilayah ini di dalam peta Geologi Lingkungan Cekungan Bandung berada pada zona kesesuaian lahan rendah, yang artinya memiliki faktor daya dukung rendah dan faktor kendala tinggi untuk pengembangan wilayah perkotaan, sehingga kegiatan eksisting seperti disebutkan di atas memiliki kesesuaian penggunaan lahan dengan syarat melakukan pengelolaan pemanfaatan ruang dengan baik dan berwawasan lingkungan.

Dalam buku ini, ketiga kawasan yang membutuhkan perhatian seperti yang diamankan dalam peta geologi lingkungan Cekungan Bandung akan diuraikan sebagai gambaran umum dalam menyusun penyelidikan geologi lingkungan rinci dan mungkin hasilnya dapat menjadi dasar pengelolaan lingkungan dan penyusunan rencana detail tata ruang (RDTR) berikut peraturan zonasinya bila kegiatan tersebut diadakan.

11.3. KARST CITATAH

Karst adalah bentang alam yang terbentuk akibat pelarutan air pada batu gamping dan/atau dolomit. Sedangkan Kawasan Bentang Alam Karst adalah Karst yang menunjukkan bentuk eksokarst dan endokarst tertentu (Permen ESDM No. 17 Tahun 2012).

Karst Citatah merupakan kawasan karst yang terbentuk 30-20 juta tahun yang lalu. Sebarannya terbentang enam kilometer dari Tagog Apu (Padalarang) hingga selatan Rajamandala ini memiliki ragam keunikan, baik secara geologi, arkeologi dan wisata. Gua Pawon, salah satu kawasan karst ini, misalnya, merupakan situs hunian

manusia purba pertama yang ditemukan di Jawa Barat.

Rangkaian perbukitan yang membentuk Kawasan Karst Citatah berjarak memanjang dengan arah relatif timur ke barat meliputi Pasir Kemuning, Pasir Karang Panganten, Pasir Pawon, Gunung Masigit dan Gunung Bancana yang berada di Utara Jalan Raya Bandung-Cianjur. Di bagian Selatan Jalan Raya Bandung-Cianjur meliputi rangkaian perbukitan Gunung Hawu, Gunung Pabeasan, Pasir Lampegan, Gunung Bende, Pasir Miyud, Pasir Manik, Gunung Balukbuk, Gunung Guha dan Gunung Sangiang.

Fenomena unik dari kawasan karst Citatah menjadi isu yang penting setelah terjadinya kerusakan-kerusakan seputar kawasan karst akibat kegiatan pertambangan. Bila kerusakan ini terus menerus terjadi, kemungkinan ekologi seputar kawasan ini juga terganggu. Dalam sistem ekologi ketika satu sistem terganggu maka sistem secara keseluruhan juga dapat terganggu. Mungkin saja dampak kerusakan di Citatah hanya bisa dirasakan sedikit saat ini, seperti tertutupnya beberapa kawasan yang bisa dijadikan tempat untuk latihan karena longsoran atau getaran alat berat yang dikhawatirkan dapat mencelakakan para pemanjat tebing. Bukanlah hal yang mustahil bila kerusakan di Citatah tidak diperhatikan, para pecinta alam ataupun penggiat alam terbuka tidak dapat lagi merasakan kawasan ini, baik sebagai tempat latihan atau tempat pendidikan dasar anggotanya.

Barangkali bila kawasan karst Citatah sudah rusak, bukan saja penggiat alam dan pecinta alam yang dapat merasakan dampaknya, tapi semua elemen dalam sistem ekologi termasuk manusia dapat merasakan dampaknya. Melakukan sebuah usaha nyata untuk konservasi kawasan karst seperti penghijauan atau bahkan penghentian pertambangan untuk beberapa bukit kapur menjadi sebuah keharusan agar keseimbangan alam serta kelestarian lingkungan tetap terjaga.

11.3.1. Kawasan Bentang Alam Karst Kriteria Eksokarst dan Endokarst

Upaya Badan geologi dalam melakukan keseimbangan dalam mengelola kawasan karst dilakukan melalui penentuan Kawasan bentang Alam Karst (KBAK) Citatah Kab. Bandung Barat sesuai Kepmen ESDM nomor: 1830 K/ 40/ MEM/ 2018 pada tanggal 8 Mei 2018, berada di Kecamatan Cipatat, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat dengan luas 91,36 ha, dibentuk oleh batugamping dari anggota batugamping Formasi Rajamandala yang berupa batugamping pejal dan batugamping berlapis berumur oligosen. KBAK ini menempati wilayah perbukitan tinggi yang membentuk kelurusan berarah timurlaut-baratdaya, antara Ciburuy dan Sanghyang Tikoro, terdiri atas eksokarst dan endokarst tertentu. Eksokarst terdiri atas bukit karst dan mata air permanen, endokarst terdiri atas gua berair yang terhubung dengan aliran sungai bawah tanah. Sistem akuifer batu gamping memiliki karakteristik khas dengan aliran air tanah melalui celahan/rekahan dan saluran pelarutan. Hasil inventarisasi rinci menunjukkan Eksokarst meliputi Mata Air berdebit besar yaitu Mata Air Cipaneguh yang kemunculannya ke luar dari sungai bawah tanah, mata air

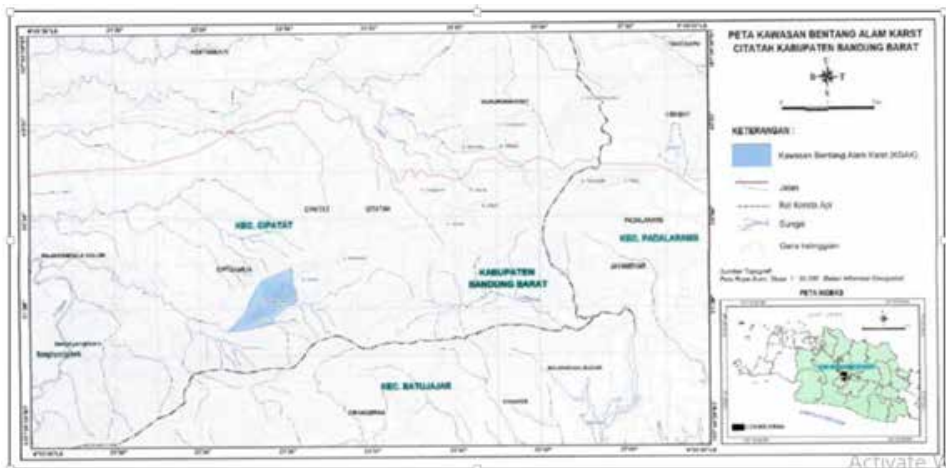
ini terdapat di Desa Ciptaharja, Kecamatan Cipatat. Sedangkan Endokarst meliputi beberapa gua berair yang diperkirakan terhubung dengan mata air Cipaneguh yang belum memiliki nama.

Kontroversi Sanghyang Tikoro

Sanghyang Tikoro bisa ditemukan di dekat kompleks Pembangkit Listrik Tenaga Air Saguling. Gua ini berada di balik bendungan yang menahan aliran air Sungai Citarum. Sungai tersebut terbagi dua, bagian sebelah kiri mengalir di permukaan tanah, sementara aliran di kanan menuju ke sebuah gua. Gua inilah yang dinamakan Sanghyang Tikoro. Selain itu, di selatannya terdapat gua pendek yang disebut Gua Sangiangpoek, dan beberapa gua yang terdapat di sekitar Gunung Guhawalet. Batuan yang menyusun Sanghyang Tikoro adalah batugamping, batu kapur atau batu karang, Batuan ini memiliki banyak rekahan yang memudahkan air untuk masuk dan terjadi pelarutan yang kemudian membentuk sungai di bawah tanah.

Sungai bawah tanah di Sanghyang Tikoro merupakan hasil proses pelarutan batugamping dikarenakan Batu gamping dapat larut dalam air. Sedangkan Pasir Sanghyang Tikoro di timur laut Pasir Batulawang, juga merupakan pebukitan batu gamping, mempunyai puncak berketinggi 293 m di atas muka laut. Sedang permukaan Sungai Citarum yang memisahkannya dengan Pasir Batulawang di segmen ini berketinggi 244 m di atas muka laut. Bukit Sanghyang Tikoro ini dikenal banyak orang karena keberadaan Gua Sanghyang Tikoro, yang berkembang di dasar lereng bukit bagian baratdaya sekarang berada di bawah bangunan power house PLTA Saguling.

Beberapa literatur lama seperti Bemmelen (1949), Koesoemadinata (1956), dan Katili & Marks (1963) menyebutkan jika surut dan keringnya Danau Bandung disebabkan karena akumulasi air menemukan jalan ke luarnya. Jalan ke luar yang



Gambar 11.5. Kawasan Bentang Alam Karst (KBAK) Kabupaten Bandung Barat.



Gambar 11.6.
Kenampakan mulut
gua dan sungai
bawah tanah di
Sanghyang Tikoro

dimaksud adalah Gua Sanghyang Tikoro. Pendekatan analisis geomorfologi berdasarkan penafsiran peta topografi, citra SPOT, kajian data geologi sekunder, dan penelitian lapangan yang dilakukan oleh Brahmantyo dkk. (2002) mengoreksi pendapat lama jika Danau Bandung mengalami pengeringan melalui Gua Sanghyang Tikoro. Mereka mengoreksi pula jika ketinggian maksimum permukaan air danau adalah 700 m, atau 712,5 m dari muka laut.

Secara geomorfologi, pematang pebukitan yang memanjang lurus arah timur laut- barat daya, yang ditempati oleh Pasir Batulawang dan Pasir Sanghyang Tikoro, dikendalikan oleh sesar naik ke arah utara. Sesar tersebut juga sekaligus membatasi sebaran batugamping di bagian utara pematang pebukitan (Abi Suroso, 1987). Pematang batugamping Pasir Batulawang-Pasir Sanghyang Tikoro sendiri merupakan tinggian pematang antiklin. Pada perkembangan struktur selanjutnya, sesar naik itu dipotong oleh sesar-sesar mendatar berarah utara-selatan dan timur laut-barat daya, yang mengalihkan bongkah batuan ke arah kiri (sinistral). Bidang retakan dari struktur-struktur itu pula yang selanjutnya dilalui oleh aliran air panas ke permukaan, seperti yang terjadi di Cipanas.



Gambar 11.7.
Sumber mata
air panas yang
dialirkan dengan
pipa-pipa menuju
kolam-kolam yang
dijadikan wisata
pemandian air
panas di Desa
Cipanas

Karena pebukitan Puncak Larang-Pasir Kiara oleh Brahmantyo dkk. (2002) dianggap sebagai daerah pinggiran Danau Bandung, maka akumulasi air tidak pernah bersentuhan langsung dengan kompleks batugamping Pasir Batulawang-Pasir Sanghyang Tikoro. Sebagai pembatas, pematang pebukitan Miosen Tengah Puncak Larang-Pasir Kiara yang litologinya disusun oleh batuan turbidit berupa breksi gunungapi dan batupasir (Formasi Saguling), mempunyai sistem percelah-retakan yang rapat karena pengaruh tektonik. Sebagai suatu bidang lemah, struktur geologi yang memotong pematang pebukitan Miosen Tengah menjadi lebih mudah terkikis dan mengalami pelebaran. Melalui sistem percelah-retakan itulah akumulasi air di Danau Bandung tersalurkan ke selatan, hingga akhirnya danau menjadi kering. Penyusutan dan pengeringan air Danau Bandung juga dipercepat oleh pembajakan (pирating) S. Citarum Purba bagian hilir. Sungai itu diduga berhulu di lereng pematang pebukitan Pasir Larang-Pasir Kiara, yaitu dari beberapa mata air yang airnya berasal dari rembasan Danau Bandung. Pengikisan ke arah hulu dan banyaknya bidang lemah struktur geologi memicu terbentuknya lembah yang memotong hogback. Melalui lembah itulah akumulasi air di utara hogback menemukan jalan ke luarnya, yang berakhir dengan mengeringnya danau.

11.3.2. Cagar Budaya Gua Pawon

Upaya perlindungan Kawasan Karst yang tidak masuk kriteria KBAK, dilakukan melalui penetapan Cagar Budaya terhadap keberadaan manusia purba di kawasan karst Rajamandala tepatnya berada di Goa Karat Pawon Citatah Padalarang. Situs ini dilindungi UU R.I No. 11 Tahun 2010 tentang Cagar Budaya yang berada di Desa Gunung Masigit, Kecamatan Cipatat, Padalarang, atau sekitar 25 km arah barat Kota Bandung. Penetapan Cagar Budaya tersebut dilakukan setelah Tim KRCB melakukan penelitian terhadap Goa Pawon dan menemukan Kerangka Manusia Purba Gua Pawon. Dua tahun kemudian dilanjutkan secara mendalam oleh Balai Arkeologi Bandung pada tahun 2002. Penelitian tersebut dipimpin oleh arkeolog Lutfi Youndri. Dari penggalian yang dilakukan, selain ditemukan sekitar 20.250 serpihan tulang-



Gambar 11.8.
Kenampakan Gua
Pawon

belulang dan 4.050 serpihan batu, pada kedalaman 80 cm ditemukan fosil tulang tengkorak manusia. Sementara pada kedalaman 120 cm, ditemukan fosil tulang kering dan telapak kaki manusia prasejarah. Lutfi dan rekan-rekannya meyakini masih terdapat fosil individu lainnya di tempat tersebut.

Pada sedimen goa tersebut ditemukan juga berbagai bentuk artefak, fitur maupun ekofak yang dapat mencirikan keberadaan situs budaya peninggalan manusia purba tersebut di masa lalu. Artefak yang ditemukan di gua Pawon terdiri dari pecahan keramik, gerabah, alat serpih, alat tulang berbentuk lancip dan spatula, alat batu pukul (perkutor), sisa perhiasan yang terbuat dari gigi binatang dan gigi ikan, moluska dan temuan yang sangat signifikan dari keberadaan kehidupan masa lalu berupa kerangka manusia. Penemuan itu mengukuhkan nilai arkeologi goa yang informasinya dapat dipakai untuk menafsirkan keberadaan manusia purba atau prasejarah yang diduga tinggal di sekitar pinggiran Danau Bandung Purba. Lutfi menduga, goa tersebut hanya merupakan tempat persinggahan dan bukan merupakan tempat tinggal manusia prasejarah. Di sebelah utara, menjulang tinggi gunungapi yang dikelilingi laut. Tingginya sekitar 3.000 meter. Karena puncaknya selalu diselimuti es, gunung tersebut dinamakan Gunung Sunda, kata yang berasal dari bahasa Sanksakerta. Cuda artinya putih, bersih. Kelak dikemudian hari, sejalan dengan peristiwa geologi yang terjadi, daratan bagian selatan Pulau Jawa makin terdesak ke atas. Sementara pantainya di bagian utara makin terdesak sehingga dasar laut di Dataran Tinggi Bandung berubah menjadi daratan.



Gambar 11.9. Salah satu lubang gua yang menyerupai rupa hewan kelinci.

Bukti fenomena alam tersebut hingga kini masih bisa kita saksikan dengan jelas jika memasuki Bandung dari arah barat, baik melalui Cianjur maupun Purwakarta/Cikampek. Seperti kawasan karst lainnya, kawasan karst Padalarang yang tersebar di daerah Cipatat dan Tagogapu, pada awalnya berasal dari koloni binatang dan tumbuhan yang hidup dan tumbuh di laut dangkal. Namun, dengan terjadinya pergeseran pantai, koloni binatang dan tumbuhan tersebut kemudian mati lalu membentuk batu

gamping. Sepertinya yang bisa kita saksikan sekarang ini sebenarnya merupakan hasil proses geologi setelah batuan tersebut kemudian terangkat ke permukaan.

11.3.3. Taman Batu (Stone Garden) Pasir Pawon

Kegiatan konservasi lainnya terhadap Kawasan Karst Citatah dilakukan melalui kegiatan Geowisata. Taman Batu (*Stone Garden*) yang berada di daerah dataran tinggi kawasan Gunung Masigit, Citatah, Cipatat, Padalarang, memiliki ketinggian 908 mdpl sudah begitu di kenal oleh masyarakat Jawa Barat bahkan Indoensia.

Secara geomorfologi, bukit-bukit karst ini adalah kemenerusan ke arah barat dari jajaran perbukitan Tagogapu-Pasir Cikamuning-Karang Panganten, namun terpisah satu dengan lainnya. Di antara ketiga bukit besar itu (Pawon, Masigit, dan Bancana) terdapat dua bukit kecil yang dikenal dengan nama Pr. Leuit dan Pr. Tanjung. Beberapa gua dijumpai di kawasan ini yaitu Gua Pawon (yang terdiri dari beberapa ruang gua), Gua Ketuk di timur Gua Pawon berupa lorong buntu, dan Gua Bancana di Pr. Bancana, berupa lorong vertikal dan horisontal pendek.



Gambar 11.10.
Lokasi Taman Batu
(Stone Garden)

Secara geologi, bukit-bukit ini merupakan inti batu gamping terumbu sehingga kualitas batunya sangat baik. Itulah mengapa kemudian banyak dincar untuk ditambang. Hingga tahun 2009, G. Masigit ditambang sampai akhirnya dilarang setelah keluar Peraturan Bupati tahun 2010 yang menyatakan kawasan Pr. Pawon dan G. Masigit merupakan cagar budaya dan penambangan dilarang. Di tempat ini tadinya berjejer banyak mata air di sekitar Kampung Cinyusuan (hingga sekitar tahun 1950- 1960an). Sekarang yang tersisa hanya sebuah mata air di bawah lereng terjal Pr. Pawon yaitu mata air Cinyusuan.

Di kawasan ini dua bukit kecil yaitu Pr. Leuit dan Pr. Tanjung sudah rusak akibat galian batu. Setelah penambangan batu di G. Masigit dihentikan, para pengusaha mengalihkan lahan galiannya ke Pr. Bancana. Di Pr. Bancana terdapat gua pendek di lereng timur dan dilaporkan terdapat laba-laba yang hidup di kegelapan. Juga, beberapa fauna khas dijumpai berupa kelelawar pemakan serangga (dilaporkan terdapat tiga spesies yang berbeda), burung sriti, monyet macacca; serta temuan terbaru berupa varietas ubi khas Citatah.

Stone Garden menjadi objek geowisata, karena memiliki hamparan batuan yang luas, di susun oleh formasi batugamping Rajamandala dengan luas Stone Garden secara menyeluruh ada 30 Ha dan dibuka secara umum baru 7 Ha tidak semua dibuka untuk umum dikarenakan masih adanya bahaya disekitar Stone Garden yaitu terdapat jurang atau lobang yang tembusnya ke Guha Pawon. Ketinggian tempat Stone Garden mencapai 720 mdpl. Luas wilayah Stone Garden dan Guha Pawon dan juga bagian pengembangannya keseluruhan 100 Ha. Untuk pencetus Geopark itu sendiri diberikan oleh Sekretaris Dinas Pariwisata Kabupaten Bandung Barat pada Januari 2015.



Gambar 11.11.
Kenampakan
Hamparan Karst di
Stone Garden Citatah.

Pemandangan dari lokasi ini sangat bagus sekali, dimana hamparan pemandangan bukit-bukit kapur yang berwarna putih dan kecoklatan, eksotisme batugamping yang berdiri secara alami tak beraturan. Stone Garden selain dijadikan objek geowisata, juga dijadikan wisata sejarah dan budaya dan sering dijadikan wisata berfoto untuk *prewedding*. Selain keindahan, juga terdapat keunikan lainnya, yaitu adanya sebutan batu gerbang, kenapa disebut batu gerbang? Karena ini awal pintu masuknya alam lain yang menurut warga sekitar masih ada sesepuh dan warga sekitar yang masih percaya adanya berbau mistik. Diatas Stone Garden terdapat makam/petilasan, tempat ini biasanya digunakan oleh warga sekitar untuk kegiatan bertawasuh yang dilakukan setiap malam selasa dan jum'at kliwon. Awalnya kegiatan ini hanya dilakukan untuk warga yang tinggal disekitar stone garden dan tidak dibuka untuk umum, namun lambat laun pengunjung dari berbagai daerah juga mengikuti kegiatan bertawasuh di makam/ petilasan sampai saat ini. Makam ini adalah makam Ibu Raga Ratu Doro Manik.

Konsep Geowisata Stone Garden menjadi semacam payung yang menyatukan elemen-elemen lainnya. Makna geowisata bukan hanya menyangkut sebuah tempat itu berada, namun juga terkait apa yang menjadikan sebuah tempat itu berbeda dengan tempat-tempat lainnya yang dikaitkan dengan aspek selain keragaman geologi, seperti sejarah budaya, arkelogis, flora-fauna, lanskap, arsitektur, maupun

hasil-hasil seni-budaya lainnya. Para praktisi geowisata berpendapat, bahwa konsep ini merupakan model dari pariwisata berkelanjutan (*sustainable tourism*). Dalam artian, daerah tujuan wisata harus tetap dijaga dan dilestarikan untuk kepentingan generasi berikutnya. Dengan demikian, berbagai warisan budaya dan berbagai kearifan lokal ikut terlindungi dan terjaga. Adapun pendapatan dari geowisata harus diarahkan untuk menjalankan program-program konservasi dan pemberdayaan masyarakat lokal dan secara perlahan menghentikan kegiatan pertambangan.

Atas keberhasilannya menjalankan program-program konservasi dan pemberdayaan masyarakat lokal, kelompok Sadar Wisata Pasirpawon yang mengelola objek geowisata Stone Garden di Kecamatan Cipatat, Kabupaten Bandung Barat meraih peringkat 2 nasional pada penganugerahan Pesona Destinasi Pariwisata Indonesia 2017. Penghargaan ini diberikan kepada kelompok masyarakat yang aktif dalam mengembangkan pariwisata berkelanjutan di daerahnya. Penghargaan ini pun menunjukkan kesadaran masyarakat di kawasan karst Citatah, Kabupaten Bandung Barat untuk berusaha menghentikan aktifitas menambangnya yang sudah mulai terlihat sejak beberapa tahun terakhir. Kini, sebetulnya penambang asli sudah tidak ada dan hampir semua warga beralih mengelola wisata Stone Garden. Sejak kawasan wisata Stone Garden dijadikan tempat wisata pada September 2014, hingga kini kunjungan wisatawan terus meningkat. Pada hari biasa kawasan wisata Stone Garden dikunjungi sekitar 400 orang, sedangkan pada akhir pekan mencapai 1.200 orang. Paling banyak pernah sampai 1.500 pengunjung sehingga bila ramai warga menjadi tertarik untuk terlibat dan berharap mendapat penghasilan.

Walaupun jumlah pengunjungnya fluktuatif, namun masyarakat yang terlibat dalam kegiatan usaha geowisata di Stone Garden bisa mencapai 90 orang. Melibatkan petugas parkir sekitar 30 orang, kebersihan 10 orang, dan yang mengurus warung 28 orang, serta sisanya dibagikan kesekretariatan. Dengan demikian, warga Kampung Girmulya banyak yang terlibat langsung dalam pengelolaan geowisata ini.

11.3.4. G. Hawu, Pr. Pabeasan, dan Cilampegan

Secara morfologi merupakan perbukitan karst memanjang yang lerengnya curam baik di sisi utara maupun di selatan, tetapi sedikit melandai ke arah Cilampegan. Lereng-lereng karst terjal dijadikan ajang panjat tebing seperti Tebing-125 di Pr. Pabeasan. Tebing ini berlokasi sekitar 5 km dari gerbang tol Padalarang yang memiliki karakteristik batugamping yang aman untuk dipanjat. Ada tiga tebing utama yang biasa digunakan untuk pemanjatan, yaitu Citatah 48, Citatah 90, Citatah 125. Tebing tersebut diberi nama sesuai dengan ukuran ketinggiannya.

Selain itu terdapat Gua Hawu yang berupa lengkungan alami (*natural arc*) yang indah. Lengkungan yang secara keseluruhan merupakan lubang di dinding batu gamping tersebut memiliki ukuran cukup besar. Lebarnya sekitar 30 meter dan tinggi sekitar 90 meter serta menggantung di atas dinding setinggi 30 meter dari jalan tambang batu yang ada di bawahnya. Oleh karena itu, lengkungan alami ini menjadikan bentukan yang cukup langka. Salah satu lengkungan yang serupa

terdapat di beberapa monumen nasional di Amerika seperti Natural Bridge, Virginia dan Arches National Monument di Utah. Gua Hawu merupakan tebing yang berada di balik tebing Citatah 125 yang juga biasa disebut dengan Gunung Kapur Singgalang di Kecamatan Padalarang, Kabupaten Bandung Barat.

Sayangnya, aktivitas pertambangan di sekitarnya menimbulkan permasalahan pada pelestarian tebing karst itu. Dampak dari aktivitas tambang dan penggalian ini berpengaruh langsung terhadap penurunan keanekaragaman hayati dan satwa serta hilangnya nilai-nilai ekologi, erosi, sedimentasi, penurunan tingkat kesuburan tanah, serta perubahan bentang alam atau lahan. Untuk itu, beberapa pegiat alam bebas dari berbagai kelompok mencoba melestarikan wilayah tersebut, salah satunya adalah bagian Tebing Hawu dan Citatah. Kegiatan yang mereka lakukan beragam, dimulai dari sosialisasi kepada penduduk yang melakukan penambangan liar, berkoordinasi dengan pemerintah setempat, melakukan berbagai penelitian, serta memanfaatkannya sebagai destinasi wisata alam dan sarana olah raga panjat tebing.

Selain Gua Hawu yang penuh pesona, juga terdapat beberapa gua pendek terbentuk di sisi timur Pr. Pabeasan. Memiliki fauna khas yaitu adanya burung walet di Gua Hawu. Jajaran perbukitan karst ini berada di selatan jalur perbukitan di atas yang dipisahkan oleh odan sekarang menjadi jalan raya Bandung-Cianjur.

Secara geologi, Gua Hawu merupakan bagian dari inti terumbu dan terumbu belakang. Lapisan-lapisannya miring terjal ke arah selatan. Beberapa bagian telah ditambang, misalnya sisi selatan G. Hawu bagian timur, lereng antara G. Hawu dan Pr. Pabeasan dan di sekitar Cilampegan yang lebih luas. Mata air banyak dijumpai di lereng utara Cilampegan hingga ke perbatasan dengan Pr. Manik yang banyak dimanfaatkan masyarakat di sepanjang Km. 22-Km 26 untuk keperluan air bersih sehari-hari, rumah makan, ataupun pengairan seperti di mata air Cisitu.



Gambar 11.12. Gua Hawu yang berupa lengkungan alami (*natural arc*) yang indah.

11.3.5. Pr. Bende, Pr. Manik, dan Bukit-Bukit sekitarnya.

Bukit-bukit karst di sebelah barat Lampegan. Secara morfologi merupakan bukit-bukit karst terpisah. Secara geologis merupakan bukit-bukit terumbu karang dengan beberapa bagian berlapis. Kualitas batugampung baik sehingga umumnya telah ditambang secara intensif. Beberapa gua dilaporkan berada di kawasan ini

tetapi umumnya telah rusak akibat penambangan. Hanya satu bukit yang bebas penambangan, yaitu Pr. Manik, yang dikenal juga sebagai Tebing 48 karena dimiliki oleh Kopasus sebagai ajang latihan panjat tebing para prajuritnya.

Tebing Citatah 48, yang biasa disebut warga sekitar sebagai Gunung Tebing Manik, memiliki 25 jalur pemanjatan. Tebing ini juga kerap disebut Tebing Komando karena berada di bawah pengawasan Kopassus. Di puncak tebing ini terdapat tugu pisau yang menjadi ciri khas dari tebing ini. Kemudian, untuk Tebing Citatah 90 letaknya berdekatan dengan Tebing Citatah 48. Untuk Tebing Citatah 90 kurang direkomendasikan untuk melakukan pemanjatan karena medan tebing yang lebat oleh pepohonan dan hanya terdapat dua hanger (gantungan pengaman) di tebing tersebut. Di tebing ini juga terdapat aktivitas penambangan kapur dan batuan marmer yang membuat kegiatan pemanjatan menjadi kurang kondusif.



Gambar 11.13. Tebing Citatah 48 yang terletak di daerah Padalarang, Jawa Barat menjadi salah satu tempat pemanjatan favorit bagi pemanjat yang berdomisili di Jakarta dan Bandung.

11.3.6. Kawasan Gunung Guha

Kawasan batugamping Gunung Guha berada di selatan Desa Cipatat. Bentangan morfologi sepanjang jalur tersebut umumnya terdiri dari punggung-punggungan bukit yang didominasi oleh batugamping dengan lereng-lereng yang umumnya terjal membentuk punggung homoklin yang miring relatif ke selatan yang sebagian besar batuanannya tertutup oleh endapan gunungapi Sunda dan Tangkubanparahu yang lebih muda di atasnya. Di sepanjang punggung ini, beberapa bukit batugamping menonjol seperti terdapat di selatan Stasiun Tagogapu di antara lereng-lereng sangat curam seperti terlihat di sepanjang jalan raya dan jalan keretaapi Bandung – Cianjur antara Stasiun Padalarang – Tagogapu.

Secara geologi merupakan batugamping terumbu masif dengan beberapa bagian berlapis. Gua-gua dilaporkan berada di kawasan ini tetapi beberapa di antaranya terancam penggalan batu. Di sekitar Gunung Guha merupakan lahan tambang untuk keperluan industri lantai/dinding batu yang intensif. Aktivitas penambangan

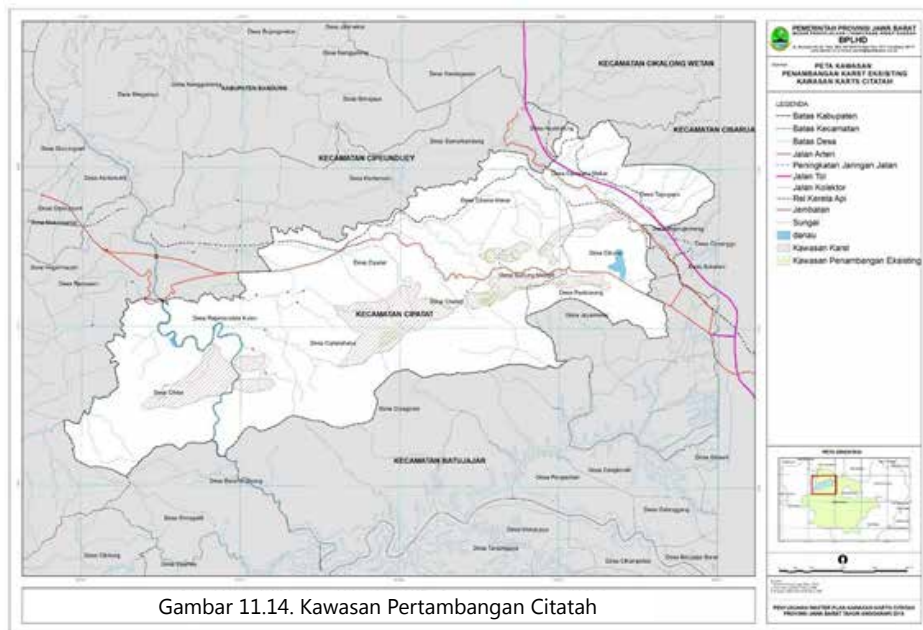
di sekitar Gunung Guha yang tidak terkendali telah menimbulkan dampak yaitu hilangnya mata air bersih, udara yang tidak bersih akibat polusi dari pembakaran limbah plastik dalam pengolahan bahan kapur, hancurnya bentang alam, timbulnya bencana ekologis bagi masyarakat sekitar, sehingga perlu mendapat perhatian karena menjadi pengimbu untuk air tanah dan mata air, kawasan-kawasan yang mempunyai bentukan geomorfologi yang unik, langka, dan menarik.

11.4. KAWASAN PERTAMBANGAN CITATAH

Batugamping merupakan batuan sedimen yang sebagian besar terdiri dari kalsium karbonat terutama dalam bentuk kalsit dan magnesium karbonat, batugamping mengandung lebih dari 95% kalsit dan kurang dari 5% dolomit (Jacson, 1997, dalam Cooley, 2009).

Keberadaan penambangan di kawasan Citatah merupakan bagian dari sejarah panjang aktivitas penambangan di kawasan Karst Citatah sejak tahun 1970an. Dalam Peraturan Daerah Nomor 2 Tahun 2012 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Bandung Barat Tahun 2009 – 2029, potensi galian tambang mineral bukan logam dalam pemanfaatan ruang untuk budidaya di Kabupaten Bandung Barat antara lain kalsit, marmer, tanah liat, tanah urug, andesit, batu gamping (batu kapur), laterit (tanah merah), batu kali, batu gunung, kerikil sungai, kapur, dan pasir. Kawasan untuk pertambangan dialokasikan seluas 223 (dua ratus dua puluh tiga) hektar.

Desa Citatah, Kecamatan Cipatan, Kabupaten Bandung Barat merupakan wilayah yang terkenal akan aktivitas pertambangan gamping, daerah yang mayoritas penduduknya bermatapencaharian sebagai penambang, pabrik dan sumbedaya



Gambar 11.14. Kawasan Pertambangan Citatah

alam yang berupa kawasan perbukitan gamping. Bentuk dari pemanfaatan Kawasan perbukitan gamping ini adalah kegiatan penambangan terhadap batuan gampingnya yang secara ekonomi memiliki nilai yang tinggi. Sampai saat ini kegiatan penambangan masih masif dilakukan hampir di beberapa titik lokasi yang masih memiliki potensi untuk ditambang, hanya Gunung Pawon dan Gunung Masigit yang masih utuh karena adanya Peraturan Daerah yang melarang kegiatan penambangan, sebab terdapat peninggalan situs purbakala yang berada di Gua Pawon dan adanya upaya masyarakat mengembangkan geowisata Stone Garden.

Untuk kegiatan pertambangannya di Citatah ini dapat dikategorikan menjadi dua skala, yaitu skala penambang untuk perusahaan dan skala rakyat. Sebagian perusahaan pertambangan yang ada di Desa Citatah menggunakan bermacam-macam peralatan modern dan berteknologi tinggi untuk mampu bekerja sesuai target skala pendapatan yang lebih besar, sedangkan untuk skala rakyat masih menggunakan peralatan yang sederhana bahkan harus bertaruh nyawa karena kondisi medan yang sangat curam hanya untuk memenuhi kebutuhan hidupnya sehari-hari.



Gambar 11.15. Fenomena lokasi penambangan kapur di kawasan Batugamping Citatah, Bandung Barat melalui foto udara.

Kegiatan pertambangan di Desa Citatah ini tentunya menimbulkan berbagai dampak, baik dari dampak positif maupun negatif. Dampak positif yang ditimbulkan dengan adanya kegiatan pertambangan ini diantaranya adalah meningkatkan peluang untuk tenaga kerja, peningkatan pendapatan asli daerah, sebagai mata pencaharian masyarakat dan pendapatan negara. Dampak negative yang dihasilkan mungkin saja berasal dari kekurang pahaman akan kerusakan lingkungan sehingga menjadikannya sebagai dampak negative terhadap lingkungan hidup. Eksploitasi yang berlebihan Kawasan ini akan merusak beberapa ekosistem, keanekaragaman hayati pada Kawasan tersebut, rusak dan tercemarnya sumber air, erosi serta longsor, rusaknya goa-goa yang ada, polusi udara yang menyebabkan dampak terhadap kesehatan, dan penurunan produktivitas dan kualitas lahan.

Rusaknya alam di Desa Citatah Kecamatan Cipatat yang merupakan Kawasan Karst disebabkan karena banyaknya aktivitas penambangan kapur yang tidak memperhatikan pentingnya kawasan karst sebagai kawasan lindung geologi, yang dilatarbelakangi kurangnya pengetahuan akan peruntukan suatu kawasan pertambangan dan dampak dari kegiatan yang merusak lingkungan, penduduk di desa tersebut secara tidak langsung ikut terlibat dalam perusakan kawasan pertambangan di karenakan hanya mementingkan sektor ekonomi tanpa melihat dampak yang di timbulkan seperti kerusakan kawasan karst, terjadi pencemaran air dan udara akibat aktivitas dari penambang dan industri pengolah kapur yang sangat tidak bersih dan merugikan bagi lingkungan dan masyarakat sekitar.



Gambar 11.16.
Kenampakan
aktivitas
penambangan di
Gunung bancana,
foto diambil dari
Gua Pawon Citatah.

Penambangan di kawasan karst tersebut harus diimbangi dengan upaya reklamasi dan rehabilitasi lahan bekas pertambangan. Selain itu, penambangan juga tidak boleh dilakukan secara berlebihan dan harus tetap berada di dalam koridor hukum yang berlaku. Untuk mewujudkan hal tersebut tentu saja tidak mudah, dibutuhkan ketegasan dari pemerintah serta kesadaran diri dari penambang batu kapur untuk ikut serta dalam upaya pelestarian lingkungan karst serta pengelolaan Kawasan secara berkelanjutan.

Kedepan sebelum terlambat, pengelolaan kawasan pertambangan batugamping ini perlu dilakukan evaluasi perencanaan yang matang, sehingga tidak terjadi konflik antar kepentingann dengan tetap memperhatikan aspek pelestarian lingkungan dan kesejahteraan masyarakat. Pemanfaatan dan pengelolaan kawasan pertambangan gamping ini bukan hanya sekedar untuk kepentingan generasi saat ini tapi juga generasi yang akan datang mempunyai hak untuk menikmati kekayaan alam karst ini.

Berikut ini adalah beberapa point penting hasil penelaahan tentang Dampak Kegiatan Industri dan Pertambangan Batugamping di Desa Citatah, yang dilakukan oleh Farhan Akhmad Faikar dan Chusharini Chamid dari Prodi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, sebagai berikut:

1. Dari hasil tinjauan kebijakan RTRW Kabupaten Bandung Barat Tahun

2009-2029 serta kebijakan dan teori terkait lainnya diketahui kegiatan industri ekstraktif pertambangan yaitu tambang bahan galian non logam tersebut telah merusak lingkungan yang ada di Desa Citatah dan menyalahi ketentuan umum pertambangan. Kegiatan penggalian merusak pegunungan-pegunungan karst sehingga habitat flora dan fauna punah dan kegiatan pengolahan tambangnya yaitu industri marmer serta pembakaran kapur menimbulkan pencemaran udara. Terdapat perusahaan-perusahaan yang memiliki luas pertambangan dan jarak industri ke permukiman melebihi ketentuan yang ditetapkan.

2. Dampak terhadap kualitas air permukaan yaitu buangan bahan pencemaran akibat aktivitas industri dan juga membawa erosi yang mengakibatkan terjadinya sedimentasi, kondisi air sungai Cibuntu pada wilayah studi statusnya tercemar sedang dimana bila ini dibiarkan terus menerus akan menimbulkan dampak yang sangat serius terhadap kondisi air di desa citatah, kualitas air tanah didesa citatah masih memenuhi status baku mutu yang ada meski ada limpahan limbah ke sungai oleh aktivitas kegiatan industri dan pertambangan.
3. Dampak kegiatan penggalian pertambangan menyebabkan tanah semakin labil sehingga rentan terhadap longsor.
4. Dampak terhadap kualitas udara ditunjukkan parameter udara TSP (debu) dan kebisingan yang telah melebihi ambang batas baku mutu udara ambien yang ditetapkan yaitu 110 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) dan tingkat kebisingan yaitu 71,85 dBA serta NO_2 yang sudah 10 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ yang dimana sama dengan angka baku mutu yang ditetapkan perlu dilakukan pengawasan agar tidak melebihi baku mutu yang ada.
5. Tidak adanya CSR kepada warga masyarakat atau lingkungan sekitar dapat menjadi perhatian khusus pemerintah dalam menindak tegas seluruh perusahaan yang tidak menjalani kewajibannya memberikan hak-hak berupa CSR terhadap warga masyarakat dan lingkungan sekitar.
6. Tingkat pengangguran yang sangat tinggi mencerminkan bahwa adanya perusahaan industri maupun pertambangan yang ada di Desa Citatah tidak menjamin seluruh warganya sejahtera dan memiliki pekerjaan yang tetap.
7. Dampak terhadap kesehatan masyarakat cukup besar terutama untuk gangguan pernafasan hingga infeksi saluran pernafasan akibat polusi atau pencemaran udara yang ada di Desa Citatah. Penerapan teknologi salah satunya dengan menekan kepada perusahaan perusahaan pengolah kapur agar memasang dustcollector (penetralisasi debu).

Selanjutnya, Farhan Akhmad Faikar dan Chusharini Chamid memberikan saran yang kepada semua pemangku kepentingan dalam kegiatan pertambangan batugamping di Desa Citatah, adalah:

1. Penerapan pajak lingkungan yaitu kontribusi dalam mendanai kegiatan pelestarian lingkungan dimana pihak industri ikut bertanggung jawab terhadap lingkungan.
2. Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) atau Upaya Pengelolaan Lingkungan (UKL) dan Upaya Pemantauan Lingkungan (UPL) atau penanganan dampak secara sederhana. Industri pengolahan yang berada di daerah rural atau

pedesaan dengan luas >30 Ha wajib AMDAL. Adapun industri pengolahan batu kapur di wilayah studi diperkirakan kurang dari 30 Ha, jadi tidak wajib AMDAL tetapi melaksanakan UKL dan UPL.

3. Relokasi industri tambang upaya alternatif selanjutnya jika pencemaran udara semakin buruk akan tetapi perlu adanya pertimbangan yang matang dalam merelokasi pertambangan tersebut.
4. Penanaman pohon pelindung salah satu upaya masyarakat dalam mengurangi polusi udara.
5. Melibatkan pihak industri pengolahan maupun pertambangan untuk sama-sama menjaga dan merawat lingkungan dan alam yang ada di Desa Citatah.
6. Pemerintah harus dapat menegur keras seluruh pengelola perusahaan industri pengolahan maupun pertambangan yang tidak memenuhi kewajibannya dalam memberikan CSR terhadap warga masyarakat dan Lingkungan sekitar.
7. Pengendalian perusahaan/ pengusaha kapur dengan memperketat perizinan pertambangan dan perusahaan yang ilegal dapat ditutup. Pengendalian perusahaan/ pengusaha kapur dengan memperketat perizinan pertambangan dan perusahaan yang ilegal dapat ditutup
8. Secara bertahap mengembangkan objek geowisata karst maupun bekas kegiatan pertambangan untuk menimbulkan basis ekonomi baru.

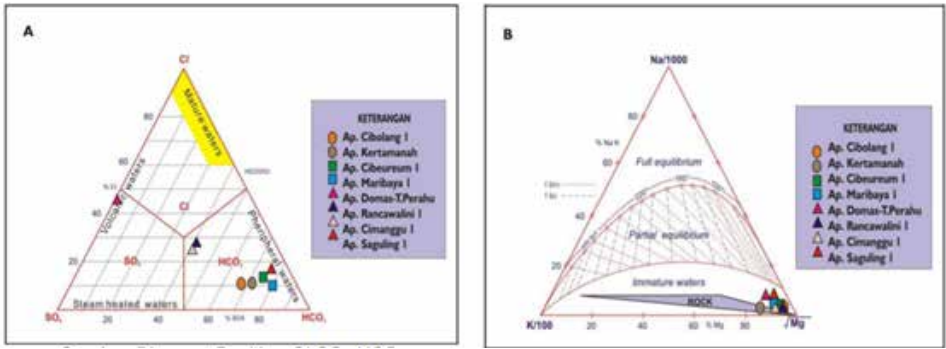
11.5. PANASBUMI SAGULING

Pencapaian ke daerah panas bumi Saguling ini dapat dilakukan dengan kendaraan roda empat dari Bandung yang berjarak \pm 28 km sebelah barat kota Bandung menuju Cianjur, dan masuk kearah Waduk Saguling sekitar 6 km menuju arah power house dan memotong sungai Cisameang, kurang lebih 100 meter.

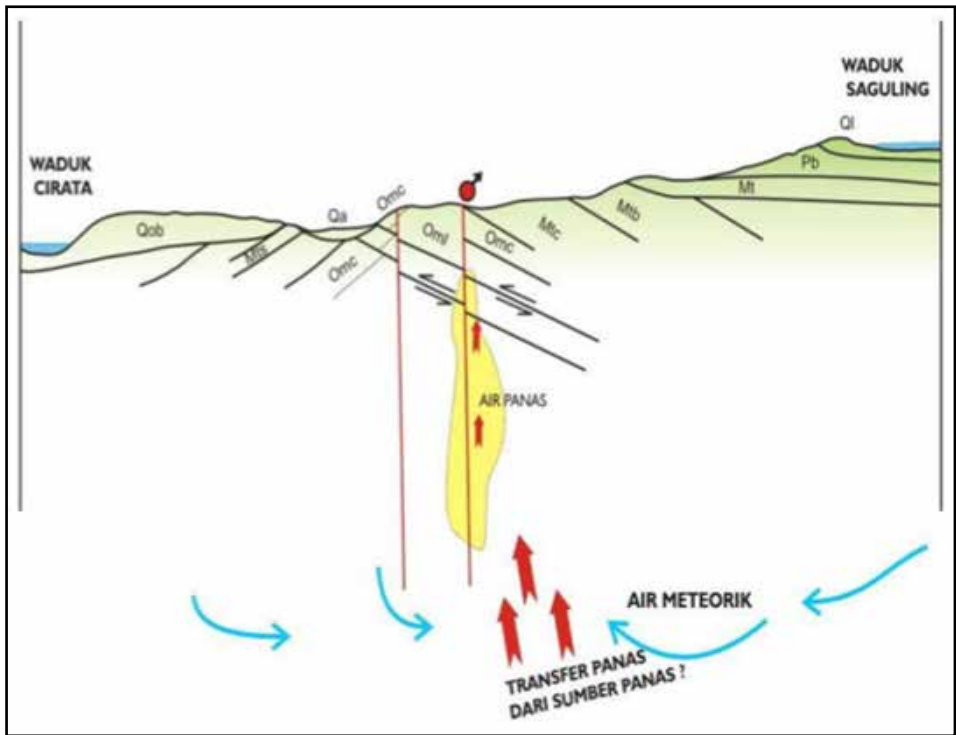
11.5.1. Manifestasi Panasbumi

Batuan tertua yang tersingkap di daerah panas bumi Saguling terdiri dari batugamping, batupasir kwarsa, lempung dan napal termasuk dalam Formasi Rajamandala berupa batugamping, lempung, napal dan batupasir kwarsa dan Formasi Citarum berupa breksi, batu pasir dan batu lanau. Terdapat struktur sesar naik dengan arah relatif barat-timur (W-E), serta sesar mendatar dengan arah relatif utara - selatan. Pada sesar tersebut di duga menjadi tempat manifestasi panasbumi (geothermal) berproses, (Buku Potensi Panasbumi, KESDM, 2017).

Hasil analisa menunjukkan air panas mempunyai tipe Klorida- bikarbonat dengan temperatur permukaan antara 41,5-70,5°C, sedangkan air panas lainnya bertemperatur lebih rendah (26,5-29°C). Hasil perhitungan temperatur bawah permukaan menunjukkan kisaran temperatur 120 –136°C, (Gambar 11.17).



Gambar 11.17. Kanan Diagram Segitiga Cl-SO₄-HCO₃ dan kiri Gambar Diagram Segitiga Na-K-Mg, (Sumber: http://igis.esdm.go.id/igis/img/Buku_Potensi_Jilid_1.pdf)



Gambar 11.18. Model Konseptual Potensi Panasbumi Saguling, Bandung Barat, (Sumber: http://igis.esdm.go.id/igis/img/Buku_Potensi_Jilid_1.pdf).

11.5.2. Pemanfaatan Panasbumi

Temperatur maksimum manifestasi panas bumi di daerah panas bumi Saguling, Rajamandala dengan temperatur permukaan antara 41,5-70,5°C, sedangkan air panas lainnya bertemperatur lebih rendah (26,5- 29°C). Perhitungan potensi panas bumi berdasarkan data-data tersebut menunjukkan bahwa sumber daya spekulatif sebesar 25 MW. Dengan kondisi manifestasi panas bumi seperti ini, salah satunya dapat dimanfaatkan untuk tujuan wisata terutama sebagai tempat permadian dan pengobatan penyakit kulit. Pemanfaatan panas bumi lainnya yang masih bisa diusahakan adalah pemanfatan langsung (*direct use*) untuk agro-bisnis seperti pembibitan, pertanian jamur, pengering dll.

BAB 12

MENATA ZONA RESAPAN AIR MENGANTISIPASI BANJIR DI CEKUNGAN BANDUNG BAGIAN SELATAN

Kontributor:

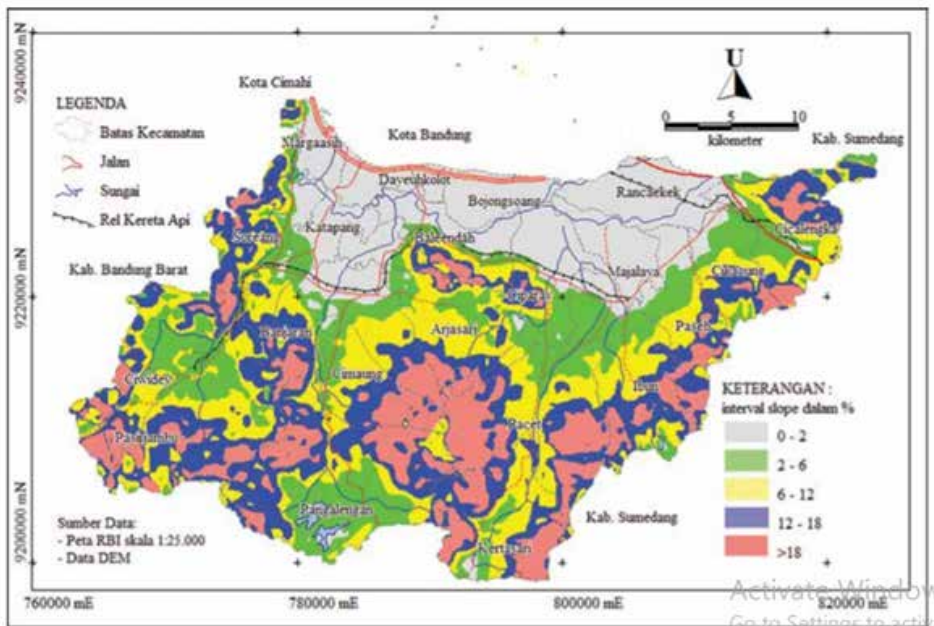
Visky Afrida Pungkisari, Kurniah, Aminuddin,
dan Adrikni

Hingga saat ini perkembangan pembangunan di Wilayah Cekungan Bandung Selatan masih menjadi isu lingkungan. Isu ini antara lain dipicu oleh intensifnya pembangunan perumahan, hotel, dan villa. Kegiatan di kota terbangun berhubungan dengan keseimbangan sistem alami, khususnya di area konservasi air tanah. Kecenderungan pembangunan yang tidak seimbang di wilayah tersebut telah menimbulkan kekhawatiran: pertama menyusutnya area tangkapan air tanah dan turunnya muka air tanah, sehingga mengakibatkan gangguan pasokan air tanah di wilayah Soreang dan sekitarnya, kedua perubahan penggunaan lahan dan penurunan produktivitas tanah yang berakibat meningkatnya limpasan air permukaan. Dengan memperhatikan kondisi geologi, jelas bahwa Wilayah Pegunungan dan perbukitan di Cekungan Bandung Selatan mempunyai fungsi konservasi sumber daya air yang potensial dan menjadi area tangkapan air yang paling menentukan. Perencanaan ruang mau tidak mau harus masuk ke tahapan peruntukan lahan yang menyatakan bahwa Kota tersebut hanya dialokasikan untuk kegiatan tertentu, sering disebut sebagai pemintakatan secara tiga dimensi; bahkan dalam perencanaan perlindungan lingkungan sekalipun selalu memperhitungkan neraca air kota ini sehingga fungsinya tidak terganggu

12.1. RONA LINGKUNGAN

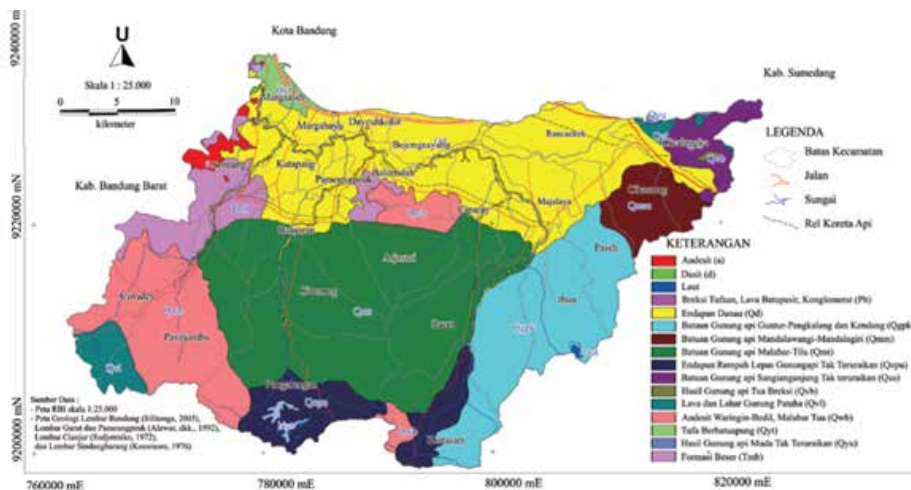
Wilayah Cekungan Bandung Selatan umumnya memiliki ciri khas berupa dataran tinggi dan pegunungan di bagian selatan, barat, timur dengan posisi geografis terletak pada koordinat $107,354^{\circ}$ - $107,951^{\circ}$ bujur timur dan $-7,247^{\circ}$ - $-6,870^{\circ}$ lintang selatan dengan luas wilayah kajian 123.000 ha. Secara administratif termasuk ke dalam wilayah Kabupaten Bandung. Lokasi ini meliputi beberapa kecamatan, yaitu Margahayu, Soreang, Dayeuhkolot, Ketapang, Bojongsong, Pameungpeuk, Baleendah, Banjaran, Arjasari, Ciparay, Majalaya, Rancaekek, Cicalengka, Cikacung, Paseh, Cimaung, Ibum, Kertasari, Pangalengan, Ciwidey, dan Pasir Jambu. Karena berada di wilayah tinggian, maka Cekungan Bandung Selatan beriklim tropis yang dipengaruhi oleh iklim muson dengan curah hujan rata-rata antara 1.500 mm sampai dengan 4.000 mm per tahun. Suhu udara berkisar antara 12°C sampai 24°C dengan kelembaban antara 78% pada musim hujan dan 70 % pada musim kemarau.

Keadaan morfologi wilayah Cekungan Bandung Selatan umumnya berada diantara bukit-bukit dan gunung-gunung, seperti Gunung Patuha dengan tinggi 2.334 m, Gunung Malabar dengan tinggi 2.321 m, serta Gunung Papandayan dengan tinggi 2.262 m dan Gunung Guntur dengan tinggi 2.249 m, keduanya di perbatasan dengan Kabupaten Garut. Umumnya pegunungan tersebut tersusun oleh batuan hasil kegiatan gunungapi. Dengan Morfologi wilayah pegunungan tersebut, maka rata-rata kemiringan lereng antara 0-2%, 2-6%, 6-12%, 12-18% hingga di atas 18%, (Gambar 12.1).



Gambar 12.1. Peta kemiringan lereng wilayah Cekungan Bandung Selatan.

Katili dan Sudradjat, 1984) menyatakan bahwa wilayah Cekungan Bandung Selatan merupakan bagian dari kelompok gunung api Kuartar yang dibatasi oleh segi tiga sesar besar. Di bagian barat laut terdapat zona sesar geser mengiri Sukabumi-Padalarang, di sebelah timur laut zone sesar geser menganan Cilacap-Kuningan dan di sebelah selatan adalah sesar turun yang berbatasan dengan Pegunungan Selatan. Sedangkan, berdasarkan kompilasi Peta Geologi Lembar Bandung (Silitonga, 1973), Peta Geologi Lembar Garut dan Pameungpeuk (Alzwar dr., 1992), Peta Geologi Lembar Cianjur (Sudjtmiko, 1972), dan Peta Geologi Lembar Sindangbarang (Koesmoro, 1976), wilayah Cekungan Bandung bagian Selatan disusun oleh endapan Tersier, batuan hasil gunung api, dan endapan danau (Gambar 12.2) dengan memperlihatkan pola sesar di kawasan Gunung Malabar, Wayang, Windu, dan Tilu berarah timur laut-barat daya dan sedikit barat laut-tenggara. Sesar tersebut ada yang berupa sesar naik dan sesar turun. Pada batas antara batuan gunung api Kuartar dengan batuan gunung api Tersier di utaranya terdapat sesar turun berarah barat-timur.

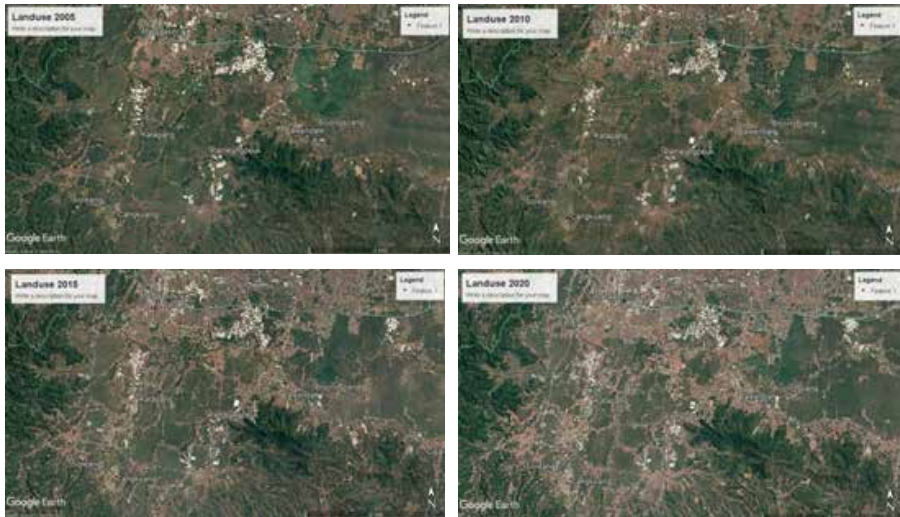


Gambar 12.2. Peta Geologi Cekungan Bandung Selatan

Perubahan penggunaan lahan pada suatu wilayah merupakan suatu proses mengidentifikasi perbedaan keberadaan suatu objek atau fenomena yang diamati pada waktu yang berbeda dan memerlukan suatu data spasial bersifat temporal yang bersumber dari hasil interpretasi citra satelit maupun dari instansi pemerintah yang dianalisis dengan menggunakan metode SIG (Sistem Informasi Geografi) (As-Syakur dkk., 2010).

Berdasarkan citra satelit dari tahun 2005 hingga tahun 2020, wilayah Cekungan Bandung Selatan (Gambar 12.3) terlihat mengalami perubahan yang sangat signifikan pada penambahan bangunan baik itu berupa kawasan industri, perkotaan, maupun kawasan permukiman. Hal ini menunjukkan bahwa dalam kurun waktu 15 tahun jumlah tutupan lahan hijau mulai berkurang dan beralih fungsi dari yang semula pertanian dan lahan perkebunan menjadi kawassan perkotaan dan permukiman.

PKini perubahan penggunaan lahan yang cukup masih terjadi di wilayah Soreang sebagai ibukota kabupaten Bandung yang sebelumnya berada di wilayah Baleendah Dayeuhkolot. Pemandangan tersebut dipicu oleh banjir yang terus menerus melanda Baleendah yang membuat para petinggi memindahkan ibukota kabupaten Bandung ke Soreang pada tahun 1990. Hal inilah yang mengakibatkan perubahan penggunaan lahan yang signifikan di wilayah Cekungan Bandung Selatan.



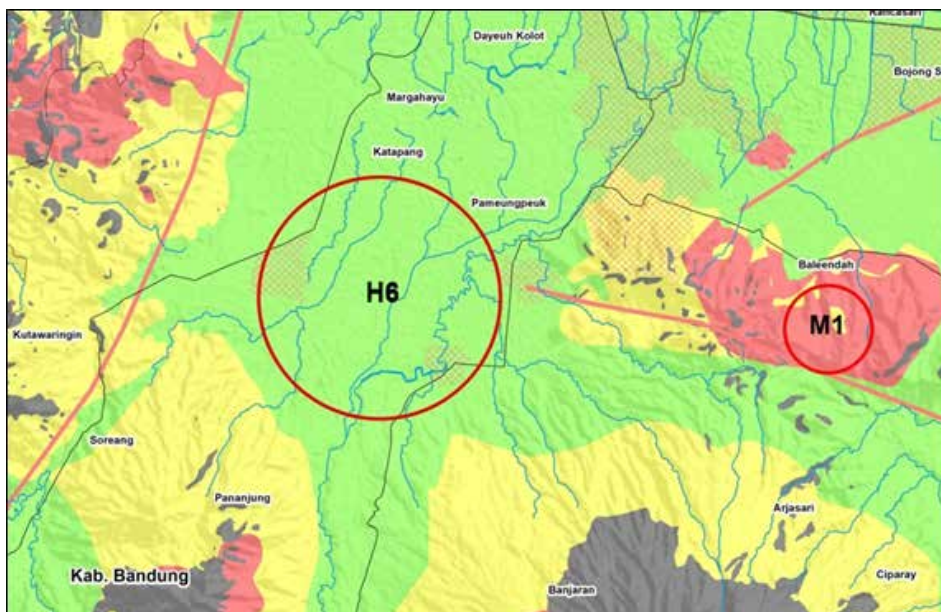
Gambar 12.3. Perubahan Landuse daerah kawasan Soreang-Ketapang-Kutawaringin dari Tahun 2005 hingga 2020.

Penggunaan lahan di kota Soreang pada tahun 1986-2002 didominasi oleh lahan pertanian dan perkebunan, namun sejak Soreang dipilih menjadi ibukota Kabupaten Bandung pada 1990 perkembangan kota, pembangunan jaringan jalan, dan infrastruktur lainnya menyebabkan terjadinya perubahan fungsi lahan. Perubahan ini terus berlanjut secara masif terutama sejak 2000 ketika Soreang menjadi pusat pemerintahan Kabupaten Bandung dan ketika pembangunan jalan Tol Soroja pada tahun 2017 (Tol Soreang – Pasir Koja) dengan panjang kurang lebih 10,6 km selesai dan dioperasikan. Hal ini membuat pengembangan Soreang menjadi sangat cepat. Memang pembangunan tersebut sesuai dengan Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Bandung tahun 2016-2036 yang menyatakan bahwa wilayah Soreang-Kutawaringin-Katapang sebagai kawasan strategis meliputi pusat pemerintahan kabupaten atau ibukota kabupaten, perdagangan dan jasa regional, perumahan, permukiman, industri, pariwisata dan pertanian. Tentu dengan berkembangnya kawasan industri dan perkotaan menyebabkan berkurangnya lahan terbuka hijau di wilayah Cekungan Bandung bagian Selatan.

Salah satu efek dari pembangunan dan pengembangan wilayah adalah semakin meluasnya penggunaan lahan untuk kawasan budi daya. Hal ini juga mengakibatkan permintaan akan sumber daya alam akan meningkat pesat. Sejalan dengan itu,

populasi penduduk semakin meningkat sebagai akibat pertumbuhan penduduk alami maupun migrasi sebagai dampak pemenuhan sumber daya pembangunan. Agar tercipta keselarasan dan pembangunan berkesinambungan, pengembangan suatu kawasan harus disesuaikan dengan kemampuan daya dukung dan daya tampung lingkungan.

Sebenarnya berdasarkan kajian Geologi Lingkungan yang pernah dilakukan secara periodik sejak 1992, 2005, dan terakhir 2019 oleh Badan Geologi, telah merekomendasikan Kawasan Cekungan Bandung di sekitar Soreang sebagai salah satu target pengembangan wilayah perkotaan. Hal ini disebabkan wilayah Soreang dan sekitarnya termasuk dalam kesesuaian lahan tinggi-sedang seperti diperlihatkan Gambar 12.4, sehingga rekomendasi H6 dalam rencana pengembangan Kawasan Cekungan Bandung merupakan salah satu target pengembangan lebih lanjut. Rekomendasi ini diberikan karena wilayah Soreang dan sekitarnya secara alamiah (potensi) memiliki faktor pendukung dari aspek sumber daya geologi seperti ketersediaan air tanah, kemiringan lereng, dan kepadatan tanah dan kekerasan batuan memadai. Sedangkan faktor perendah yang signifikan adalah banjir pada sebagian wilayah. Menurut Soma dr., (2019) banjir tersebut semakin membesar karena diperparah oleh dinamika pertumbuhan perkotaan yang mempengaruhi alih fungsi lahan pertanian dan perkebunan menjadi lahan terbangun sekitar 5,43% dan mempengaruhi penurunan rumah tangga pertanian rata-rata sebesar -3,93% per tahun. Sedangkan faktor kebijakan, memiliki implikasi yang cukup besar terhadap terjadinya alih fungsi lahan pertanian dimana lahan sawah akan berpotensi beralih fungsi menjadi lahan terbangun seluas $\pm 2.706,44$ Ha atau sekitar 73,12%.



Gambar 12.4. Rekomendasi Geologi Tata Lingkungan Kawasan Soreang-Katapang-Kutawaringin berdasarkan Kajian Geologi Lingkungan Tahun 2019.

Sudah sejak 1980-an Badan Geologi telah ikut berkontribusi pada pemerintah daerah di wilayah Cekungan Bandung dalam bentuk peta kesesuaian lahan dan rekomendasi geologi lingkungan untuk kebutuhan perencanaan ruang dan pengelolaan lingkungan, hanya saja informasi geologi lingkungan yang diberikan masih bersifat alami (potensial) dan statis baik daya dukung maupun kendala geologi, karena selama ini dalam pengembangan suatu kawasan seringkali terjadi ketidaksesuaian peruntukan lahan karena belum memperhatikan daya dukung lahan, misalnya bangunan perkantoran yang tidak sesuai dengan daya dukung tanah, kawasan permukiman yang tidak memiliki sumber air bersih, pemukiman yang terletak di daerah rawan bencana dan lain-lain. Namun, perkembangan kekinian dalam penyusunan rencana tata ruang dan pengelolaan lingkungan membutuhkan juga informasi yang berkaitan dengan daya tampung lingkungan ber aspek geologi lingkungan agar besaran pembangunan dapat diprediksi sejak awal.

Pentingnya analisis daya dukung dan daya tampung lingkungan dalam perencanaan wilayah seperti yang dikemukakan Kustiwan dan Ladimananda (2012), yang menyatakan bahwa pertumbuhan kawasan terbangun meningkatkan daya tarik kawasan sehingga meningkatkan migrasi masuk dan meningkatkan pertumbuhan penduduk hingga luasan kawasan terbangun mencapai batas daya dukungnya dan bila melampauinya dapat mengakibatkan degradasi lingkungan, salah satunya berakibat pada peningkatan limpasan air permukaan. Oleh karena itu, kegiatan pembangunan yang dilakukan tidak boleh melampaui kemampuan daya dukung lingkungan.

12.2. BANJIR, SALAH SATU DAMPAK PEMBANGUNAN DI BANDUNG SELATAN

Salah satu kerentanan bencana di wilayah Cekungan Bandung Selatan adalah banjir. Kondisi ini dipengaruhi oleh keberadaan Sungai Citarum sebagai sumber bahaya banjir dan pengaruh pengelolaan pembangunan di sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS). Faktor-faktor yang memperbesar kerentanan terhadap bencana banjir diantaranya perubahan guna lahan kawasan lindung di sekitar DAS Sungai Citarum, penurunan permukaan tanah di Cekungan Bandung, bertambahnya laju sedimentasi di aliran sungai, tumpukan sampah di sungai yang menghambat aliran air, dan bertambahnya kepadatan jumlah penduduk di sekitar aliran DAS Sungai Citarum yang signifikan pada lebih dari satu dekade terakhir (Abidin dkk, 2013; Wangsaatmaja dkk, 2006).

Dari aspek hidrologi, wilayah Cekungan Bandung Selatan cukup potensial untuk dapat mengembangkan sektor pertanian, industri dan sektor lain yang membutuhkan ketersediaan air. Sungai Citarum yang melalui wilayah Cekungan Bandung Selatan, sejak dulu sudah menjadi bagian yang tak terpisahkan dari masyarakat Bandung. Sungai ini dimanfaatkan sejak lama untuk banyak hal, yaitu sebagai sumber air, mata pencaharian, pengairan, transportasi dan lain sebagainya. Namun demikian, disayangkan fungsi sungai menjadi tempat pembuangan sampah dari masyarakat sekitar sungai dan limbah-limbah sisa industri sehingga kondisi ini juga menimbulkan

permasalahan. Permasalahan yang timbul di daerah hulu sungai seperti pemanfaatan lahan pertanian di daerah perbukitan dengan kemiringan tertentu, beralih fungsinya hutan menjadi lahan pertanian menyebabkan sering terjadinya pergerakan tanah dan longsor serta bertambahnya lahan kritis akibat erosi, sedimentasi dan longsor. Akibat dari kurang baiknya kondisi lingkungan di daerah hulu, terutama berkurangnya fungsi resapan air menyebabkan sedimentasi dan banjir di daerah hilir. Hal tersebut diperparah dengan makin tingginya alih fungsi lahan pertanian menjadi permukiman/nonpertanian lainnya serta perilaku masyarakat yang kurang baik dalam pengelolaan sampah (Bappeda Kabupaten Bandung 2011).

Sebagai dampak bertambah besarnya pengaruh faktor-faktor tersebut dari tahun ke tahun, bencana banjir tidak dapat dihindari oleh masyarakat yang bermukim di sekitar DAS Citarum. Hingga saat ini, bencana banjir setiap 3 tahun selalu terjadi di wilayah DAS Citarum, terutama di Kecamatan Dayeuhkolot dan Kecamatan Baleendah. Kecamatan Baleendah merupakan kecamatan yang menjadi langganan bencana banjir pada saat musim penghujan. Permasalahan utama yang saat ini terjadi di Kecamatan Baleendah, yang menimbulkan bahaya dan kerentanaan akan banjir dilihat dari kondisi fisik yaitu, Kecamatan Baleendah memiliki kondisi morfologi relatif datar dengan kemiringan lereng 0%-3% yang artinya Kecamatan Baleendah merupakan dasar dari Danau Bandung, dan di daerah ini tidak ditemukan adanya perbukitan ataupun lembah yang terjal yang menyebabkan Kecamatan Baleendah menjadi muaramuara sungai sekitar Bandung, sehingga pada saat terjadi hujan dengan intensitas yang cukup tinggi Kecamatan Baleendah dapat menimbulkan genangan banjir, hal tersebut disebabkan oleh meluapnya air yang ada di sungai, baik disebabkan oleh sedimentasi, maupun kurangnya kapasitas sungai. Selain permasalahan dari saluran sungai di Kecamatan Baleendah adapun permasalahan lain yang menimbulkan banjir yaitu disebabkan oleh alih fungsi lahan serapan air yang menjadi bangunan, baik di hulu sungai, maupun di daerah pinggiran sungai yang melewati Kecamatan Baleendah dimana seharusnya tidak diperbolehkan adanya pembangunan pada Daerah Kajian Cekungan Bandung pada kurun waktu 2015-2018.

Berdasarkan penelitian Hannan, ddk (2017) salah satu penyebab banjir di Cekungan Bandung, yaitu kondisi daerah aliran sungai (DAS) yang belum terkelola dengan baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara administrasi Kecamatan Baleendah, Ciparay, Katapang, Dayeuhkolot, dan Bojongsoang merupakan lokasi dengan bahaya tinggi yang cukup luas. Kemudian secara administrasi Kecamatan Baleendah merupakan lokasi dengan kerentanan tinggi yang terluas yaitu 257,58 ha atau 4,95 % dari total luas daerah terdampak bahaya, diikuti dengan Kecamatan Margahayu seluas 151,03 ha (2,90 %), Kecamatan Katapang seluas 134,55 ha (2,59 %). Untuk kelas risiko tinggi terdapat pada Kecamatan Baleendah, Margahayu, Katapang, Dayeuhkolot dengan masing-masing luas daerah risiko adalah 383,46 ha, 151,19 ha, 142,78 ha, 74,61 ha. Banjir di wilayah Kecamatan Baleendah, Bojongsoang, Dayeuhkolot serta daerah lain yang merupakan titik rawan banjir disebabkan kawasan tersebut memiliki elevasi lebih rendah dibandingkan aliran Sungai Citarum dan padatnya pemukiman di wilayah tersebut. Arahan mitigasi banjir di

Cekungan Bandung dibagi kedalam 5 zona. Zona V merupakan zona prioritas dalam penanggulangan banjir di wilayah Cekungan Bandung. Arahkan mitigasi pada zona tersebut yaitu pembuatan saluran drainase perkotaan yang dibuat dengan rekayasa teknik sipil untuk mengalirkan air dari cekungan-cekungan terendah. Menurunkan tingkat kerentanan dengan peningkatan kapasitas masyarakat melalui program penyuluhan pengelolaan lingkungan dan sampah, serta kemampuan tanggap bencana. Selain itu dilakukan upaya mitigasi di DAS Citarum Hulu yang bertujuan untuk mengurangi debit aliran yang masuk ke Cekungan Bandung dengan penataan ruang di DAS Citarum Hulu, Rehabilitasi hutan dan lahan terutama pada lahan kritis, dan Penegakan hukum pada penggunaan lahan yang tidak sesuai pola ruang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Provinsi Jawa Barat. (<https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/90869>).

Penanganan banjir yang dilakukan pemerintah di Cekungan Bandung adalah dengan pembangunan Sistem Pengendalian Banjir Sungai Citarum Hulu berupa normalisasi sungai di hulu, pembangunan Embung Gedebage, pembangunan kolam retensi Cieunteung yang akan mengurangi banjir di Dayeuhkolot dan Baleendah, pembangunan Floodway Cisangkuy dan Pembangunan Terowongan Nanjung. Pembangunan infrastruktur pengendali banjir juga bertujuan mendukung Program Citarum Harum. Selain itu adalah membuat sodetan Cisangkuy yang bisa mengalirkan 80 persen air dari Sungai Cisangkuy langsung ke Sungai Citarum yang sedang diupayakan penyelesaiannya. Pembangunan Terowongan Nanjung akan mempercepat aliran Sungai Citarum ke hilir sehingga lama dan luas genangan banjir di kawasan cekungan Bandung bisa berkurang. “Diharapkan dapat mengatasi banjir di Bandung, terutama di daerah Dayeuhkolot, Baleendah dan Bojongsoang. Pada saat musim hujan, debit banjir Sungai Citarum yang besar tertahan batuan besar di Curug Jompong yang juga merupakan situs budaya. Oleh karenanya dibangun terowongan yang akan memperlancar aliran dan meningkatkan kapasitas Sungai Citarum dari semula hanya bisa menampung banjir kala ulang lima tahunan atau $Q_5 = 570 \text{ m}^3/\text{detik}$ menjadi $Q_{20} = 643 \text{ m}^3/\text{detik}$. Terowongan juga dilengkapi oleh check dam di sisi outlet yang akan menahan sedimen agar tidak masuk ke Waduk Saguling yang berada di bawahnya. Pada musim hujan aliran sungai Citarum sebagian besar dialirkan melalui terowongan. Pada musim kemarau, pintu terowongan akan ditutup sehingga dapat dilakukan pengerukan sedimen yang mengendap di dasar sungai (<https://jpp.go.id/ekonomi/infrastruktur/330759-kurangi-kawasan-banjir-cekungan-bandung-pemerintah-bangun-terowongan-nanjung>).

Untuk mengantisipasi terlampauinya batas daya dukung lahan, dikembangkan scenario kebijakan yang dapat memperpanjang masa terlampauinya batas daya dukung lahan, antara lain dengan intensifikasi lahan, pembatasan migrasi masuk, mencegah terjadinya alih fungsi lahan hutan, pertanian dan perkebunan; serta kebijakan gabungan Skenario kebijakan terbaik adalah kebijakan gabungan (Kustiwan dan Ladimananda, 2012). Untuk penanganan DAS, kerusakan DAS yang terjadi di Cekungan Bandung memerlukan perombakan sistem pengelolaan, tidak lagi berbasis batas administrasi, melainkan pengelolaan DAS terpadu berdasarkan batas ekologi. Upaya dan strategi yang perlu dilakukan mencakup penyusunan kembali kebijakan

dan institusi, pengendalian pencemaran, rehabilitasi, dan konservasi lahan, serta pemberdayaan masyarakat (Wangsaatmaja dkk, 2006).

12.3. PENENTUAN ZONA RESAPAN AIR

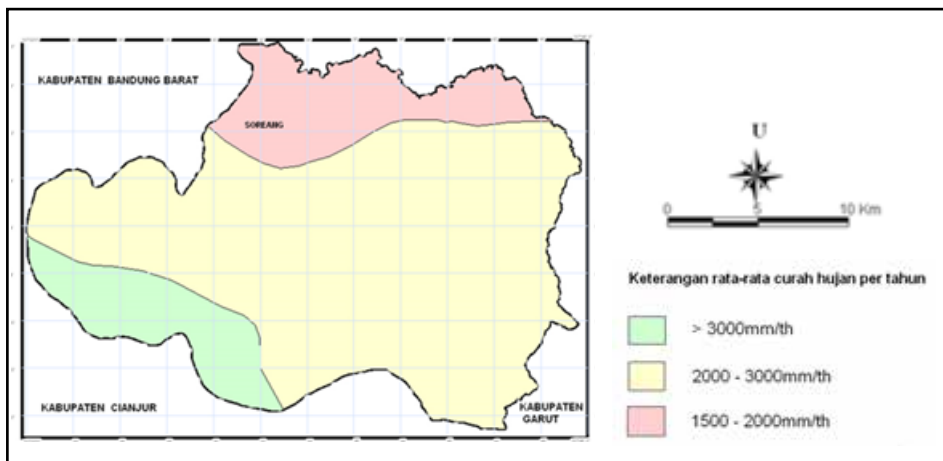
Secara hidrogeologis, wilayah Cekungan Bandung Selatan memiliki karakter sistem akuifer dengan aliran air tanah melalui media rekahan dan ruang antar butir yang disusun batuan produk gunung api (volcanic) seperti lava, breksi gunung api, dan tufa. Zonasi potensi resapan air merupakan manivestasi seberapa besar potensi air hujan yang meresap kedalam tanah melalui media rekahan dan ruang antar butir, sehingga dapat menggambarkan tatanan air tanah (hidrogeologi) wilayah Cekungan Bandung Selatan. Potensi resapan air yang dimaksud disini adalah kemampuan lahan untuk dapat meresapkan air hujan ke dalam tanah yang dapat mengimbuh terhadap air tanah dangkal maupun air tanah dalam.

12.3.1 Kepentingan Faktor Pendukung Resapan Air

Menurut Shaban (2005, dalam Setiawan T., 2010), potensi resapan air suatu daerah merupakan suatu integrasi dari beberapa faktor yang saling mempengaruhi terhadap proses peresapan air hujan. Faktor yang mendukung terhadap potensi resapan air adalah kelulusan batuan/tanah, curah hujan, kemiringan lereng, kedalaman muka air tanah, kerapatan kelurusan, dan kerapatan sungai. Sedangkan sebagai faktor penyisih beraspek geologi adalah keberadaan endapan aluvial dan daerah dengan kedalaman muka air tanah kurang dari dua meter. Faktor-faktor tersebut masih bersifat alam (potensial) antara lain kelurusan sesar, drainase, litologi, curah hujan, dan tutupan lahan atau penggunaan lahan. Sedangkan, resapan air yang bersifat aktual, faktor penggunaan lahan menjadi salah satu kriteria yang dipertimbangkan selain kriteria untuk resapan air potensial.

12.3.1.1. Curah hujan

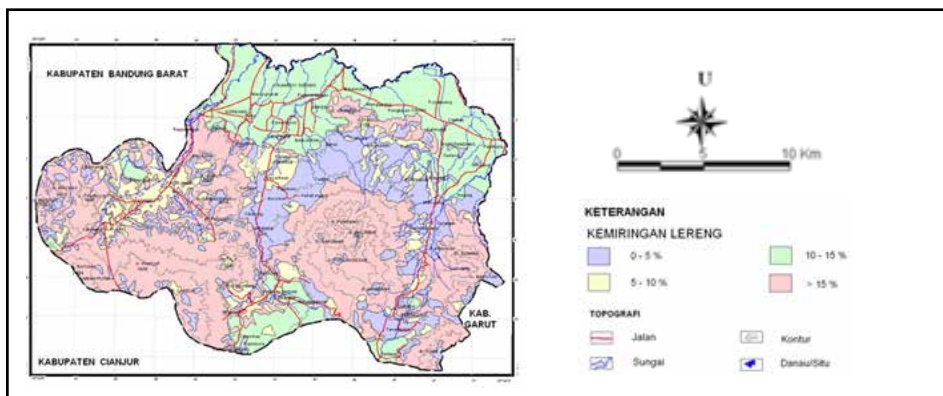
Kondisi bentang alam suatu daerah merupakan faktor yang mempengaruhi terhadap proses terjadinya air hujan yang meresap. Selain itu, curah hujan yang berkaitan dengan besaran air hujan juga kemungkinan dapat melarutkan serta membawa bahan pencemar. Oleh karena itu intensitas hujan merupakan faktor yang sangat mempengaruhi terhadap proses terjadinya resapan pada suatu daerah. Semakin tinggi curah hujan di suatu daerah semakin banyak air yang dapat meresap ke dalam tanah. Untuk memberikan gambaran mengenai keadaan curah hujan di daerah studi, ada beberapa stasiun pengamatan hujan yang tersebar, baik yang termasuk di dalam lokasi penyelidikan maupun di dalam lokasi penyelidikan. Berdasarkan data dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) dapat dibuat peta curah hujan dengan potensi resapan tinggi untuk curah hujan curah rata-rata (>3000mm/tahun), potensi resapan sedang untuk curah hujan rata-rata (2000 – 3000mm/tahun) dan rendah untuk curah hujan rata-rata (1500 – 2000mm/tahun), pada Gambar 12.5. Untuk kebutuhan penentuan zona resapan, parameter curah hujan ini diberikan bobot nilai 5.



Gambar 12.5. Peta Curah hujan di wilayah Cekungan Bandung Selatan

12.3.1.2. Kemiringan lereng

Secara morfologi, daerah penyelidikan umumnya terletak pada dataran tinggi yang berelief dikelilingi perbukitan dan pegunungan Kuarter. Hal ini tercermin dari pembagian alirannya (*steam divide*) oleh sungai Citarum yang mengalir di bagian tengah Cekungan Bandung, dengan puncak-puncak bukit dan gunung di sekelilingnya terdiri dari gunung api Kuarter. Berdasarkan bentuk topografinya dapat dikelompokkan menjadi 3 satuan morfologi, yaitu satuan morfologi pedataran, satuan morfologi perbukitan, dan satuan morfologi pegunungan. Hal penting dalam morfologi yang berkaitan dengan potensi resapan air adalah kemiringan lahan. Filosofinya adalah kemiringan lereng berkaitan dengan kesempatan air hujan untuk meresap ke dalam tanah. Semakin landai lereng semakin banyak air yang dapat meresap, juga dapat mempertinggi kemampuan untuk mengangkut bahan pencemar ke dalam tanah.



Gambar 12.6. Peta Kemiringan lereng wilayah Cekungan Bandung Selatan

Untuk kebutuhan penentuan zona resapan air, maka berdasarkan faktor kemiringan lereng dapat dibuat peta potensi resapan, yaitu potensi resapan tinggi (< 5%), potensi resapan sedang (5-10%), potensi resapan rendah (10-15%), dan potensi resapan sangat rendah (> 15%) seperti terlihat pada Gambar 12.6. Bobot parameter kemiringan lereng untuk penentuan zona resapan air bernilai 3.

12.3.1.3. Kelulusan batuan/tanah

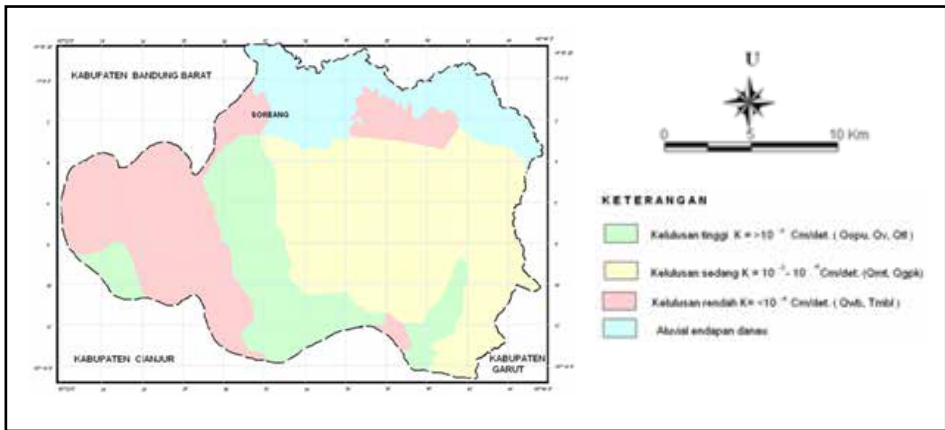
Wilayah Cekungan Bandung Selatan tersusun oleh beragam batuan antara lain batuan gunung api dan batuan sedimen. Batuan tersebut umumnya telah melapuk lanjut membentuk tanah pelapukan. Pada ragam batuan ini dilakukan uji infiltrasi di 34 lokasi untuk mengetahui nilai permeabilitas batuan/tanah atau setidaknya wilayah yang mewakili setiap formasi geologi atau jenis batuan/tanah. Kepentingan data kelulusan batuan/tanah karena kelulusan batuan/tanah mencerminkan kemampuan batuan dalam meresapkan air.

Selain diperoleh data lapangan, juga diperoleh data nilai kelulusan batuan/tanah berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan Maria (2008) dan Khori Sugianti, dr (2016) tentang konduktivitas hidraulik tanah (K) yang berkaitan dengan kecepatan aliran air tanah untuk memperluas pencemaran di dalam akuifer. Hal ini terkait erat dengan distribusi ukuran butir tanah dan porositas. Hasil penelitian tentang nilai konduktivitas hidrolika wilayah Cekungan Bandung Selatan ini didapat berdasarkan peta geologi dengan menggunakan rentang kelas menurut Aller, dr (1987), yaitu $4,63 \times 10^{-7}$ - $4,7 \times 10^{-5}$ m/det dan $4,7 \times 10^{-5}$ - $1,42 \times 10^{-4}$ m/det. Adapun nilai konduktivitas hidrolika di wilayah Cekungan Bandung Selatan dapat dilihat pada Tabel 12.1.

Semakin tinggi nilai kelulusan batuan/tanah semakin tinggi pula kemampuan dalam meresapkan air ke dalam tanah. Untuk itu dapat dibuat peta potensi resapan dengan faktor kelulusan tanah/batuan, yaitu tinggi (nilai k > 10^{-3} cm/dt), sedang (nilai k = 10^{-3} - 10^{-4} cm/dt), dan rendah ((nilai k < 10^{-4} cm/dt), seperti terlihat pada Gambar 12.7. Untuk parameter kelulusan tanah dan batuan ini diberikan bobot nilai 5.

Tabel 12.1. Nilai Konduktivitas Hidrolik Beberapa Litologi di wilayah Cekungan Bandung Selatan (sumber: Khori Sugianti, dr, 2016).

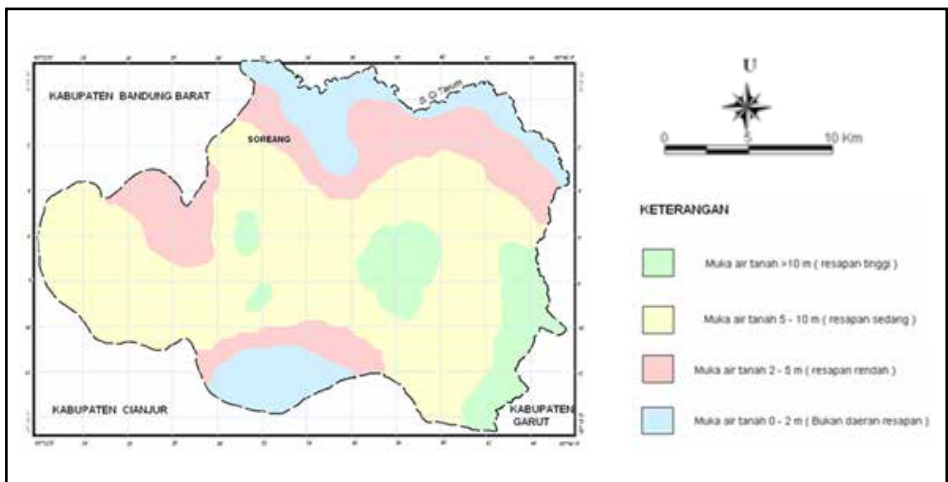
Kelas	K (m/sec)	Nilai
Andesite	3×10^{-14} - 2×10^{-10}	1
Dasit	3×10^{-14} - 2×10^{-10}	1
Laut	4×10^{-6}	1
Breksi Tufaan, Lava Berbatupasir, Konglomerat	$1,2 \times 10^{-5}$ - $4,6 \times 10^{-10}$	2
Endapan Danau	1×10^{-7} - $4,7 \times 10^{-9}$	1
Batuan Gunung api Guntur-Pangkalang dan Kendang	4×10^{-6}	1
Batuan Gunung api Mandalawangi-Mandalagiri	4×10^{-6}	1
Batuan Gunung api Malabar-Tilu	4×10^{-6}	1
Endapan Rempa Lepas Gunung api Tak Teruraikan	4×10^{-6}	1
Batuan Gunung api Sanglanganjung Tak Teruraikan	4×10^{-6}	1
Hasil Gunung api Tua Breksi	$1,2 \times 10^{-5}$ - $4,6 \times 10^{-10}$	2
Lava dan Lahar Gunung Patuha	3×10^{-14} - 2×10^{-10}	1
Andesit Waringin-Bedil, Malabar Tua	3×10^{-14} - 2×10^{-10}	1
Tufa Berbatuapung	1×10^{-4} - $4,7 \times 10^{-7}$	2
Hasil Gunung api Muda Tak Teruraikan	$1,2 \times 10^{-5}$ - $4,6 \times 10^{-10}$	2
Formasi Besar	$1,1 \times 10^{-6}$	1



Gambar 12.7. Peta Kelulusan Batuan wilayah Cekungan Bandung Selatan

12.3.1.4. Kedalaman muka air tanah

Kedalaman muka air tanah (MAT) di suatu tempat berpengaruh terhadap kemampuan meresapkan air ke dalam tanah. Semakin dalam muka air tanah semakin tinggi kemampuan untuk meresapkan air. Berdasarkan pengamatan/pengukuran pada beberapa sumur gali milik penduduk di wilayah Cekungan Bandung Selatan didapat tinggi muka air tanah di daerah penyelidikan yang bervariasi antara 0.5 m – 18 m. Dari beberapa MAT tersebut selanjutnya dibuat zonasi muka air tanah dengan cara menentukan kelas parameter, yaitu tinggi (>10m), sedang (5 - 10m), rendah (2 - 5m), dan sangat rendah (<2m), kemudian memberinya nilai dan bobot (Gambar 12.9). Untuk parameter muka air tanah ini diberi bobot nilai 2.



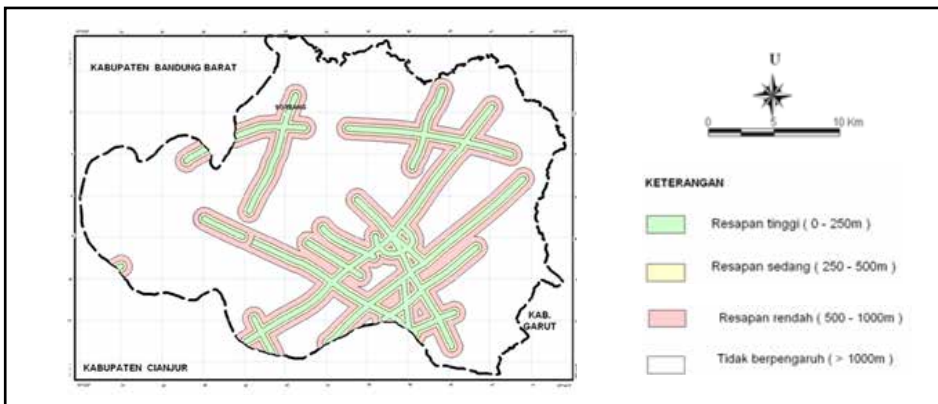
Gambar 12.8. Peta Kedalaman Muka Air Tanah wilayah Cekungan Bandung Selatan

12.3.1.5. Kerapatan Kelurusan Sungai

Kepentingan identifikasi kerapatan kelurusan (*Lineament Density*) sungai dalam analisis penentuan zona resapan air berkaitan dengan besarnya pengaruh terhadap kemampuan meresapkan air ke dalam tanah. Dengan demikian filosofi yang dapat dicermati adalah adanya kelurusan mencerminkan banyaknya retakan-retakan yang menerus ke dalam tanah dan batuan, sehingga, semakin dekat dengan kelurusan, semakin banyak retakan yang terdapat dan semakin tinggi kemampuan untuk meresapkan air ke dalam tanah. Fenomena kelurusan sesar (patahan) ini merupakan refleksi dari bidang ketidak menerusan pada batuan seperti rekahan, kekar, dan sesar yang secara morfologi merupakan bagian dari lembah-lembah perbukitan yang berkembang.

Menurut Singhal dan Gupta (1999, dalam Setiawan T., 2010), kelurusan merupakan fenomena yang bersifat garis linear pada suatu obyek permukaan bumi yang diinterpretasi melalui teknologi penginderaan jauh atau foto udara. Secara umum, Interpretasi Citra Satelit dilakukan untuk mendapatkan gambaran mengenai kondisi geologi dan struktur geologi untuk membantu dalam mengidentifikasi airtanah seperti di wilayah Cekungan Bandung Selatan. Hasil pengamatan menunjukkan adanya perbedaan litologi batuan yang ditandai dengan perbedaan warna dan tekstur yang terlihat pada citra DEM (*digital elevation map*). Selain itu terlihat juga terdapat struktur geologi yang ditandai dengan beberapa kelurusan sungai dan punggung yang dapat diinterpretasikan sebagai struktur berupa sesar pada daerah penelitian. Untuk mrendapatkan kenampakan dan sebaran kerapatan kelurusan (*Lineament Density*) yang lebih nyata dipermukaan dapat menggunakan teknologi drone.

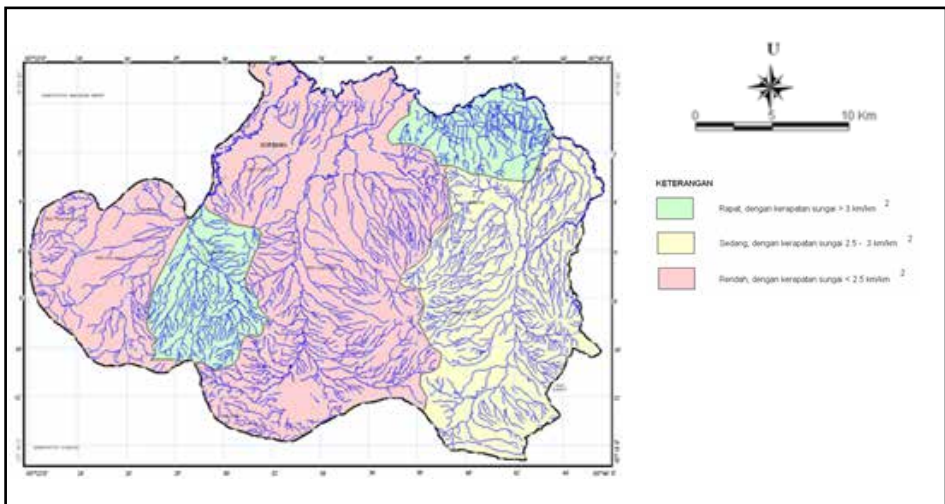
Berdasarkan hasil interpretasi citra satelit yang kemudian diolah dengan perangkat lunak ArcGis, maka dapat dibuat peta potensi resapan dengan faktor densitas kelurusan terdiri dari tinggi (buffer 250m arah kiri, kanan pusat sesar), sedang (buffer 250m - 500m arah kiri, kanan pusat sesar), rendah (buffer 500m-1000m arah kiri, kanan pusat sesar), dan tidak berpengaruh terhadap resapan (> 1000m) seperti terlihat pada Gambar 12.9. Untuk parameter densitas kelurusan ini diberikan bobot nilai 1.



Gambar 12.9. Peta Kelurusan wilayah Cekungan Bandung Selatan

12.3.1.6. Kerapatan sungai

Sungai merupakan tempat keluarnya rembesan air atau mata air yang semula berasal dari air yang meresap ke dalam tanah. Semakin rapat aliran sungai berarti semakin banyak air yang terbuang kembali atau dengan kata lain potensi resapannya menjadi lebih rendah. Faktor ini mempunyai nilai negatif dikarenakan sungai adalah sebagai pembuang. Pola pengaliran yang berkembang pada suatu daerah merupakan refleksi dari karakteristik batuan yang ada dan secara hidrogeologis berhubungan dengan berkembangnya porositas sekunder seperti sistem rekahan. Dari analisis kerapatan sungai (drainage density), maka daerah penyelidikan dapat dibuat peta potensi resapan dengan faktor densitas pengaliran sungai, yaitu tinggi ($>3 \text{ km/km}^2$), sedang ($2.5 - 3 \text{ km/km}^2$) dan rendah ($0 - 2.5 \text{ km/km}^2$) Untuk parameter densitas ini diberikan bobot nilai 1, (Gambar 12.10).

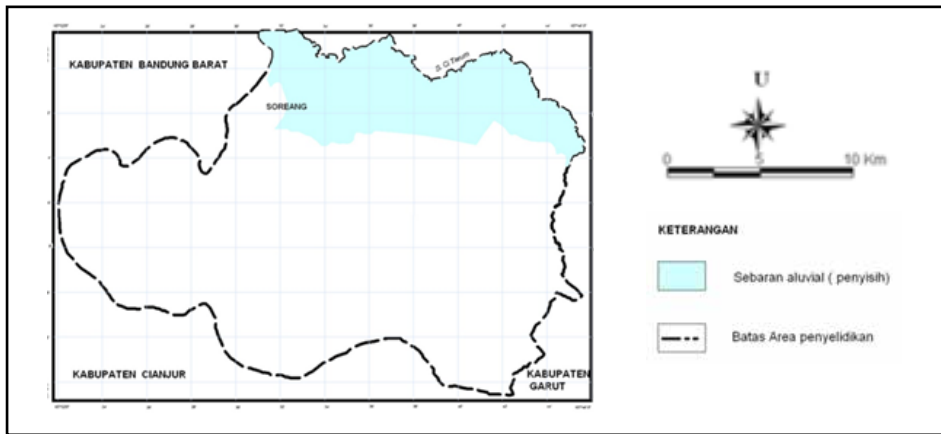


Gambar 12.10. Peta Kerapatan Sungai wilayah Cekungan Bandung Selatan

12.4.2 Kepentingan Faktor Penyisih Resapan Air

12.4.2.1. Sebaran aluvial

Berdasarkan peta geologi pada bagian utara wilayah Cekungan Bandung Selatan terbentuk oleh endapan aluvial. Adapun sebarannya terlihat pada Gambar 12.11. Daerah ini tidak termasuk pada katagori pembobotan karena dianggap sebagai daerah lepasan airtanah, namun analisis resapan air dikatagorikan sebagai penyisih. Namun, sebaran aluvial yang didominasi oleh endapan pasir dan pasir lempungan mempunyai potensi kerentanan yang lebih tinggi terhadap pencemaran karena daya resap air hujan lebih cepat daripada pasir lempungan. Jenis tanah dengan ukuran butir pasir hingga lanau mempunyai kemampuan mudah dilalui kontaminan sehingga perlu diwaspadai dalam pelaksanaan pengelolaan lingkungan.

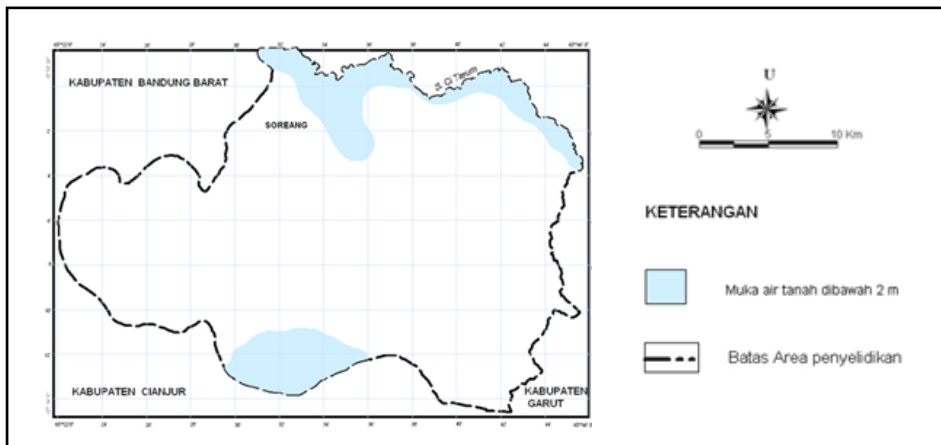


Gambar 12.11. Peta Sebaran Aluvial di wilayah Cekungan Bandung Selatan

12.4.2.2. Kedalaman muka air tanah kurang dari dua meter

Kedalaman permukaan air tanah (MAT) mencerminkan tebal lapisan tanah/batuan di atas permukaan air tanah. Pada daerah yang di beri warna biru muda pada Gambar 12.12 merupakan bagian wilayah Cekungan Bandung Selatan yang mempunyai kedalaman muka air tanah kurang dari dua meter. Sebagaimana pada daerah sebaran aluvial daerah ini pun tidak termasuk pada katagori pembobotan karena dianggap daerah lepasan air tanah, namun dikatagorikan sebagai penyisih.

Walaupun demikian, kondisi MAT ini perlu diwaspadai terkait kemudahan pencemaran terhadap air tanah karena berada pada lapisan permukaan yang berbutir tanah berukuran lebih besar, kondisi tanah yang porous, dan zona tak jenuh yang akan membantu Bergeraknya kontaminan menuju akuifer dangkal bahkan mungkin juga pada akuifer dalam apabila antara akuifer dangkal dan akuifer dalam tidak ada batuan kedap air sebagai penyekat.



Gambar 12.12. Peta Kedalaman Muka Air Tanah Kurang dari 2 meter di wilayah Cekungan Bandung Selatan.

12.4.3.1. Zona Resapan Tinggi

Daerah yang mempunyai kelulusan air tanah tinggi ($K = >10^{-3}$ Cm/det ini tersusun oleh batuan yang terdiri dari tuf mengandung batu apung, breksi, endapan lahar (Qopu), lava dan lahar piroksin yang pejal dan berongga (Qv), serta lava andesitan dan andesit basalan (Qtl). Zonasi ini menempati luas wilayah 63.71 Km², dengan morfologi pegunungan yang mempunyai kemiringan lereng >15%. Kedalaman muka air tanah di daerah ini dikategorikan sedang berkisar 2 - 5m, adapun kerapatan kelurusan di daerah ini beragam mulai dari kelurusan tinggi (0 - 250m) sampai kelurusan rendah (500 - 1000m). Sementara kerapatan sungai pada zonasi ini umumnya beragam sedang - tinggi ($2.5 \text{ km/km}^2 - > 3 \text{ km/km}^2$). Zonasi ini mempunyai curah hujan dengan rata rata 2000 - 3000mm/tahun sampai >3000mm/tahun. Daerah dengan kelulusan tinggi ini meliputi wilayah Kecamatan Cimaung, Kecamatan Pasirjambu, Kecamatan Rancabali, Kecamatan Pangalengan, sebagian Kecamatan Pacet, Kecamatan Kertasari.

12.4.3.2. Zona Resapan Sedang

Daerah yang mempunyai kelulusan air tanah sedang ($K = 10^{-3} - 10^{-4}$ Cm/det) daerah ini tersusun oleh batuan yang terdiri tuf, breksi lahar mengandung batu apung dan lava (Qmt), dan Rempah lepas lava bersusunan andesit basalan (Qgpk). Zonasi ini menempati luas wilayah 524.99 Km² dengan morfologi perbukitan bergelombang - pegunungan yang mempunyai kemiringan lereng bervariasi dari 0-5% sampai >15%. Kedalaman muka air tanah di daerah ini beragam sedang - tinggi (2 - 5m - >10m), adapun kerapatan kelurusan di daerah ini beragam mulai dari kelurusan tinggi (0 - 250m) sampai kelurusan rendah (500 - 1000m). Sementara kerapatan sungai pada zonasi ini umumnya beragam rendah - sedang ($<2.5 \text{ km/km}^2 - 2.5 \text{ km/km}^2$). Zonasi ini mempunyai curah hujan dengan rata rata 2000 - 3000mm/tahun. Daerah dengan kelulusan sedang ini meliputi wilayah Kecamatan Banjaran, Kecamatan Pameungpeuk, Kecamatan Arjasari, Kecamatan Pacet, Kecamatan Ibun, Kecamatan Ciparay, Kecamatan Maruyung, Kecamatan Ciwidey, Kecamatan Cimaung, Kecamatan Soreang bagian selatan, Kecamatan Pasirjambu, Kecamatan Kertasari.

12.4.3.3. Zona Resapan Rendah

Daerah yang mempunyai kelulusan air tanah rendah ($K = <10^{-4}$ Cm/det) daerah ini tersusun oleh batuan yang terdiri perselingan lava, breksi dan tuf (Qwb), dan batuan sedimen berupa breksi andesit, breksi tuf, tuf kristal, dan batu lanau Formasi Besar (Tmbe). Zonasi ini menempati luas wilayah 158.7 Km², dengan morfologi perbukitan sebagian pedataran yang mempunyai kemiringan lereng bervariasi dari 0 - 5% sampai 10 - 15%. Kedalaman muka air tanah di daerah ini beragam rendah - sedang (2-5m - 5-10m), adapun kerapatan kelurusan di daerah ini beragam mulai dari kelurusan tinggi (0 - 250m) sampai kelurusan rendah (500 - 1000m). Sementara kerapatan sungai pada zonasi ini umumnya beragam rendah ($<2.5 \text{ km/km}^2$). Zonasi ini mempunyai curah hujan dengan rata rata 2000 - 3000mm/tahun sampai >3000mm/

tahun. Daerah dengan kelulusan rendah ini meliputi wilayah Kecamatan Ciwidey, Kecamatan Soreang, Kecamatan Pasirjambu bagian barat, sebagian Kecamatan Kertasari, Kecamatan Baleendah, Kecamatan Majalaya, Kecamatan Banjaran, dan Kecamatan Ciparay.

12.4.3.4. Zona Bukan Daerah Resapan

Zonasi ini menempati luas wilayah 158.7 Km², merupakan wilayah sebaran alluvial (endapan danau) dengan material lepas. Selain wilayah alluvial zona bukan resapan ini merupakan daerah yang kedalaman muka air tanahnya < 2m. Curah hujan pada zona ini berkisar 1500mm-2000mm/tahun, sementara di daerah selatan 2000mm-3000mm/tahun. Wilayah zona bukan daerah resapan ini meliputi; Kecamatan Katapang, Kecamatan Kutawaringin, Kecamatan Soreang, Kecamatan Ciparay, Kecamatan Majalaya, Kecamatan Banjaran, dan Sebagian Kecamatan Pangalengan.

12.4.4. Potensi Kerentanan Pencemaran Air Tanah

Pencemaran merupakan salah satu penyebab utama penurunan kualitas air tanah, terutama di daerah perkotaan seperti halnya di Kabupaten Bandung bagian Selatan. Penurunan kualitas air tanah ditandai dengan terdeteksinya kehadiran beberapa polutan diantaranya logam berat, nitrit, nitrat, dan bakteri coli. Adapun potensi pencemaran terhadap air tanah di wilayah Cekungan Bandung Selatan yang dilakukan oleh Khori Sugianti, dr (2016), berdasarkan hasil analisis dan sintesis berbagai parameter yang digunakan, antara lain: kedalaman permukaan air tanah, curah hujan, jenis akuifer, tekstur tanah, kemiringan lereng, jenis zona tak jenuh, dan konduktivitas hidrolik akuifer, dijelaskan sebagai berikut:

- 1) kerentanan rendah dimana kontaminan tidak mudah mencemari air tanah meliputi Kecamatan Banjaran, Ciparay, Arjasari, Pacet, Cikacung, Cicalengka, Cimaung, Pasirjambu, dan Ciwedey. Daerah ini merupakan perbukitan dengan kemiringan lereng landai (2% - 6%) hingga sangat curam (>18%). Litologi penyusunnya merupakan batuan hasil gunung api (lava, breksi, tuf, andesit, gunung api tak teruraikan). Tekstur permukaan tanah umumnya berupa pasir lempungan. Kedalaman permukaan air tanah didominasi permukaan air tanah dalam, sebagian penduduk menggunakan mata air sebagai pemenuhan kebutuhan sehari-hari. Jenis akuifernya merupakan akuifer yang produktivitasnya sedang dengan penyebaran luas. Daerah ini juga memiliki curah hujan yang tinggi (0 - 2000 mm/tahun);
- 2) kerentanan sedang dimana kontaminan lebih mudah bergerak dan mencemari air tanah, meliputi Kecamatan Pangalengan, Kertasari, Ibum, Paseh, Rancaekek, Majalaya, Baleendah, Katapang, Soreang, Margaasih, Dayeuhkolot, dan Bojongsoang. Daerah ini didominasi dataran rendah (0% - 2%) hingga perbukitan dengan kemiringan lereng landai (2% - 6%) hingga sangat curam (>18%). Litologi penyusunnya merupakan endapan danau yang dominan, breksi tufa, lava berbatupasir, konglomerat, andesit. Tekstur permukaan tanah umumnya berupa

pasir lempungan. Kedalaman permukaan air tanah didominasi permukaan air tanah dalam, sebagian penduduk menggunakan mata air sebagai pemenuhan kebutuhan sehari-hari. Jenis akuifernya merupakan akuifer yang produktivitasnya sedang dengan penyebaran luas. Daerah ini juga memiliki curah hujan yang tinggi (0 - 2000 mm/tahun). Kerentanan pada daerah ini dipengaruhi karena faktor jenis batuan dan kondisi akuifer. Kondisi batuan di Kecamatan Pangalengan adalah batupasir sedang, kerikil dengan sisipan lempung dengan karakteristik akuifer produktif dengan penyebaran luas dan untuk zona tak jenuhnya. Tingkat kerentanan tiap daerah memiliki faktor utama yang berbedabeda, sebagian besar daerah penelitian memiliki tingkat kerentanan sedang dengan penyebaran luas hampir separuh daerah penelitian. Tingkat kerentanan sedang memberikan peluang polutan untuk masuk ke dalam tanah dan mencapai permukaan air tanah.

Faktor yang dominan mempengaruhi tingkat kerentanan di masing-masing wilayah berbeda-beda, faktor yang paling dominan adalah kondisi geologi, kemiringan lereng, dan jenis akuifer. Peta kerentanan air tanah bisa diaplikasikan untuk semua polutan yang berpengaruh pada air tanah bebas. Diharapkan peta kerentanan ini dapat digunakan sebagai usaha perencanaan wilayah yang penting untuk mengatasi perencanaan yang berdampak terhadap konservasi kualitas air tanah. Validasi dalam penelitian ini dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Rusydi dr., 2015 bahwa terdapat 16 lokasi penelitian yang tersebar di Pangalengan, Banjaran, Margaasih, Margahayu, dan Rancaekek dengan nilai TSS tertinggi pada KB-03 sebesar 194 mg/L. Pencemaran nitrat ditemukan di 4 lokasi, dengan nilai nitrat tertinggi ditemukan pada KB09 di Pangalengan sebesar 40,57 mg/L. Pencemaran ammonium ditemukan pada 9 lokasi penelitian dengan nilai tertinggi ditemukan pada KB-16 di Ciparay dengan nilai 18,76 mg/L, dan coliform (total coliform dan fecal coliform) ditemukan pada 7 lokasi, yaitu di Margahayu, Pangalengan, Margaasih dan Rancaekek. Lokasi tersebut merupakan kerentanan sedang memiliki nilai kualitas air tanah yang rendah.

12.4.5. Arahan Geologi Lingkungan

Peta potensi resapan (Gambar 12.14) memperlihatkan kemampuan lahan secara alami untuk meresapkan air hujan ke dalam tanah. Penyusunan peta tersebut belum memasukkan faktor tutupan lahan. Jika faktor tutupan lahan ikut dipertimbangkan maka potensi resapan akan berubah menjadi resapan riil atau faktual, karena adanya tutupan lahan tertentu dapat meningkatkan atau menurunkan potensi resapan. Sebagai contoh, wilayah yang terbangun seperti perkotaan atau pemukiman dapat mengurangi potensi resapan. Juga tutupan lahan berupa vegetasi tertentu dapat meningkatkan, menurunkan, atau tidak berpengaruh signifikan terhadap potensi resapan.

Selain memiliki potensi penurunan daerah resapan juga wilayah Soreang dan sekitarnya memiliki potensi pencemaran terhadap air tanah. Berdasarkan hasil penyelidikan menunjukkan bahwa tingkat kerentanan pencemaran terhadap air tanah di bagi menjadi dua peringkat, yaitu rendah (52,83%) dan sedang (47,17%).

Faktor yang dominan mempengaruhi tingkat kerentanan di masing-masing wilayah berbeda-beda, faktor yang paling dominan adalah kondisi geologi, kemiringan lereng, dan jenis akuifer. Namun, belum menunjukkan karakteristik masing-masing zat pencemar.

Dengan demikian, dampak lingkungan terkait hidrologis di wilayah Cekungan Bandung Selatan yang nyata saat ini adalah terjadinya penurunan potensi resapan yang menyebabkan peningkatan jumlah aliran air permukaan berupa run off sehingga berkontribusi terhadap banjir, pelumpuran, dan kemungkinan pencemaran terhadap air tanah. Hal ini perlu diwaspadai secara berkelanjutan dan menjadi perhatian dalam perencanaan tata ruang. Setidaknya informasi ini dapat membantu perencanaan wilayah untuk menentukan daerah yang berpotensi mengalami kerusakan lingkungan dan potensi pencemaran air tanah tinggi, sebagai bahan untuk memaksimalkan perlindungan lingkungan terutama berkaitan dengan ketersediaan kebutuhan air di masa yang akan datang.

Berdasarkan Rencana Pola Ruang Kabupaten Bandung tahun 2027-2027) Kawasan Bandung Selatan terbagi menjadi dua kawasan utama yaitu kawasan lindung dan kawasan budi daya. Kawasan lindung sebagian besar berupa hutan lindung yang tersebar di Kawasan Bandung Selatan dan sebagian kecil lainnya berupa hutan konservasi, ruang terbuka hijau, dan sempadan badan air. Kawasan budi daya terutama terdiri atas kawasan vegetatif (hutan produksi, perkebunan, hutan rakyat, pertanian lahan basah, pertanian lahan kering) dan kawasan terbangun (perkotaan, perkantoran, komersial, pemukiman, industri, pariwisata, pertahanan/keamanan, d

Jika peta pola ruang ini ditumpang-susunkan dengan peta potensi resapan, maka secara umum untuk pola ruang utama dapat dikemukakan hal sebagai berikut ini. Sebagian besar hutan lindung terletak pada daerah dengan potensi resapan sedang. Sebagian lainnya terletak pada daerah dengan potensi resapan rendah dan tinggi. Pertanian lahan basah dan pertanian lahan kering umumnya terletak pada daerah dengan potensi resapan sedang. Sebagian lainnya terletak pada daerah dengan potensi resapan tinggi, potensi resapan rendah, atau bukan di daerah resapan. Kawasan terbangun seperti pemukiman, perkantoran, industri, dan komersial terletak pada daerah dengan potensi resapan sedang, potensi resapan rendah, dan bukan di daerah resapan; hanya sedikit yang terletak pada daerah dengan potensi resapan tinggi.

Rekomendasi pemanfaatan lahan diutamakan untuk kawasan terbangun (pemukiman, perkantoran, komersial, dan industri) dan kawasan pertanian karena di kawasan-kawasan inilah yang paling berpotensi terjadi konversi penggunaan lahan yaitu dari yang semula lahan vegetatif menjadi lahan terbangun yang berdampak pada sistem hidrologi setempat. Untuk kawasan lindung seperti hutan lindung tidak dapat diabaikan karena kawasan ini kecil kemungkinannya untuk terjadi konversi penggunaan lahan yang menyebabkan meningkatnya air larian dan kemungkinan pencemaran..

Sebagian kawasan terbangun seperti Katapang, Baleendah, Pameungpeuk, Banjaran, dan Ciparay terletak pada bukan daerah resapan. Kawasan terbangun tersebut tidak memerlukan pengelolaan terkait dengan peresapan air. Sedangkan,

kawasan terbangun lainnya seperti Soreang, Pasirjambu, dan Ciwidey terletak pada daerah dengan potensi resapan rendah. Kawasan terbangun lainnya seperti Cimaung, Arjasari, dan Pacet, terletak pada daerah dengan potensi resapan sedang. Sedangkan Pangalengan dan Kertasari terletak pada daerah dengan potensi resapan tinggi. Adanya kawasan terbangun pada daerah-daerah tersebut akan mengurangi resapan riilnya dan di lain pihak akan meningkatkan volume air larian (*run off*). Untuk meningkatkan peresapan air hujan ke dalam tanah dan mengurangi air larian, kawasan terbangun di tempat-tempat ini perlu dilengkapi dengan pengelolaan hidrologi berupa sumur resapan, biopori, parit resapan, taman pekarangan peresap air, dan sebagainya. Semakin tinggi potensi resapan alaminya, semakin intensif pengelolaan lingkungan yang perlu dilakukan. Sebagai contoh, upaya pengelolaan lingkungan di daerah Pangalengan dan Kertasari harus lebih intensif jika dibandingkan dengan di daerah Soreang, Pasirjambu, dan Ciwidey.

Sumber volume air larian terbesar berasal dari lahan yang diolah menjadi lahan pertanian, baik pertanian lahan basah maupun pertanian lahan kering. Kedua jenis penggunaan lahan ini umumnya terletak pada daerah dengan potensi resapan sedang serta bukan daerah resapan. Penggunaan lahan pada daerah dengan potensi resapan sedang menyebabkan peresapan riilnya menjadi berkurang sedangkan air lariannya menjadi meningkat. Pertanian lahan basah (sawah) menyebabkan lapisan tanah bagian atas terakumulasi oleh material lempung sehingga sifatnya menjadi kedap. Juga pada pertanian lahan kering seperti kebun palawija menyebabkan lapisan tanah permukaan menjadi lebih padat akibat pengaruh pupuk dan penyumbang terbesar pelumpuran.

Pada Lahan sawah, upaya pemulihan ke arah potensi resapan alami cukup sulit. Sedangkan pada pertanian lahan kering (kebun palawija) barangkali dapat diupayakan pola teras bangku yang dapat menahan aliran permukaan lebih lama dan memberi kesempatan air untuk dapat meresap lebih banyak serta mengurangi erosi dan pelumpuran. Upaya ini tidak diperlukan pada pertanian lahan kering di daerah bukan resapan yang terbentang mulai dari Katapang hingga Ciparay.

BAB 13

PENGELOLAAN AKHIR SAMPAH BERALIH DARI BARAT KE TIMUR DARI SARIMUKTI KE LEGOKNANGKA

Kontributor:

Adrikni, Tantan Hidayat, Gingin Gunawan,
M. Wachyudi Memed, Melia



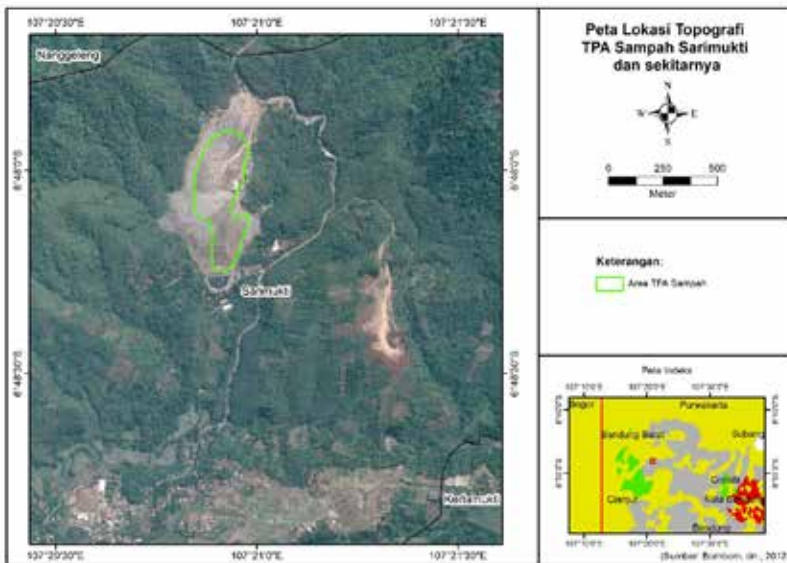
Data tahun 2016 menunjukkan beban sampah di TPA Sarimukti diperkirakan mencapai 3.000 m³ setiap harinya. Kondisi ini menyebabkan TPA Sarimukti sudah jenuh dan masa aktifnya akan berakhir pada tahun 2017. Guna mengatasi hal ini, maka diperlukan lahan baru sebagai pengganti TPA samoah regional tersebut untuk mengatasi permasalahan terkait sampah. Berdasarkan kajian yang telah dilakukan oleh GBWMC (*Greater Bandung Waste Management Corporation*), maka diusulkan untuk dibangunnya Tempat Pengolahan dan Pemrosesan Akhir Sampah (TPPAS) Legok Nangka dengan pengadaan ITF (*Intermediate Treatment Facility*) pada TPPAS tersebut. Melalui adanya ITF, pengurangan sampah yang direncanakan lebih dari 90% sehingga zona landfill dengan luas 5,99 hektar dirasa cukup untuk usia layan pakai hingga tahun 2030. Namun melihat kondisi eksisting saat ini, pengurangan sampah dengan persentasi sebesar itu dianggap tidak realistis. TPPAS Legok Nangka direncanakan mulai dioperasikan pada awal tahun 2017, namun hingga 2021 ini belum dilaksanakan bahkan TPA Sampah Sarimukti diperluas dan diperpanjang masa operasinya sampai tahun 2023. Skenario ini dilakukan karena TPPAS Legok Nangka sedang di redesain guna pengembangan kapasitas landfill yang lebih sesuai dengan kondisi saat ini mengingat beberapa wilayah pelayanan TPPAS tidak memiliki alternatif pembuangan akhir sampah dilokasi lain.

13.1. MASA TUA TPA. SARIMUKTI, KABUPATEN BANDUNG BARAT

Pada tahun 2006 Desa Sarimukti Kecamatan Cipatat Kabupaten Bandung dijadikan sebagai salah satu Tempat Pemrosesan Akhir Sampah (TPSA) yang melayani kawasan Kota Bandung, Kota Cimahi, dan Kabupaten Bandung Barat dikarenakan pasca longsornya TPA Sampah Leuwigajah. Pemakaian TPA Sampah Sarimukti sampai saat ini masih digunakan hingga adanya rencana perpanjangan dan perluasan lahan sampah oleh Pemerintah Provinsi Jawa Barat.

TPA Sampah Sarimukti merupakan aset sarana dan prasarana persampahan bersifat regional yang berfungsi untuk menampung sampah dari beberapa wilayah, yaitu : sampah dari Kota Bandung, Kota Cimahi dan Kabupaten Bandung Barat. TPA Sarimukti terletak di Desa Sarimukti dengan jarak 45 km dari Kota Bandung dengan luas 25,2 hektar yaitu 21,2 hektar lahan yang berasal dari Perhutani dan 4 hektar berasal dari Pemerintah Kota Bandung, saat ini TPA Sarimukti di kelola oleh pihak Provinsi tepatnya di Balai Pengelolaan Sampah Regional (BPSR) Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Barat.

Berada di lereng perbukitan curam dengan kemiringan lereng 16%-25% dan diapit oleh punggung di daerah Sarimukti dan punggung di daerah Margahayu, yang terletak sejauh 200-400 meter di sebelah jalan Rajamandala-Bojongmekar, Kecamatan Cipatat, Kabupaten Bandung Barat. Elevasi tertinggi di daerah sekitar TPA Sampah Sarimukti adalah 450 mdpl yang terletak di baratlaut, sedangkan elevasi terendah sekitar 280 mdpl yang terletak di bagian selatan penelitian.



Gambar 13.1. Peta Topografi lokasi TPA Sampah Sarimukti dan sekitarnya. (Sumber: Bombom, dr., 2012).

Kondisi saat ini, daya tampung TPA Sarimukti telah melebihi kapasitas. Rencana awal, TPA ini dirancang untuk menampung sampah sebesar 2000 ton per hari. Namun, kini angka sampah terus membengkak hingga 4.000 ton per hari. Volume sampah tertinggi berasal dari Kota Bandung yaitu sekitar 2.500 ton per hari, sedangkan dari Kabupaten Bandung sekitar 1.460 ton per hari, dengan komposisi sampah pada umumnya terdiri atas bahan basah (organik), plastik, karet, barang pecah belah, kain/bahan tekstil, kertas, dan logam dengan warna pada umumnya hitam. Peningkatan kompleksitas jenis maupun komposisi sampah, sejalan dengan semakin majunya kebudayaan, memerlukan penanganan dan pengelolaan sampah yang baik, sehingga tidak akan mengakibatkan terjadinya perubahan kesetimbangan lingkungan yang dapat menurunkan lingkungan, baik terhadap tanah, batuan, air (air permukaan maupun air tanah), maupun udara.



Gambar 13.2. Pengepulan Sampah di TPA Sarimukti

Pada proses dekomposisi sampah rumah tangga akan menghasilkan gas-gas dan cairan yang disebut lindi sampah (*leachate*) dengan kandungan bahan kimia organik dan non organik dengan kadar yang sangat tinggi, seperti ion Cl^- , No_3^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- dan logam berat, bahan organik seperti BOD, COD (Todd, 1980). Air lindi sampah dengan kandungan bahan kimia organik dan non organik yang sangat tinggi, apabila bercampur dengan air tanah akan mengakibatkan terjadinya pengenceran dan pergerakan sampai radius tertentu, dan terus berlanjut menyebar membentuk suatu pola searah dengan pergerakan airtanah (*leachate plume*) (Fetter, 1988).

Teknologi untuk pengelolaan tempat pembuangan akhir sampah dapat berupa sistem *sanitary landfill*, *control landfill*, dan sistem *open dumping*. Umumnya TPA yang ada di Indonesia menggunakan sistem *open dumping* dan *controlled landfill*, baru sedikit yang telah menerapkan sistem *sanitary landfill*. Pada sistem *open dumping*, sampah ditimbun tanpa membutuhkan pengelolaan dan tanah penutup. Pada sistem *controlled landfill* sampah ditutup paling lama 1 minggu sekali berselang seling antara lapisan sampah dan lapisan tanah penutup, sedangkan pada sistem *sanitary landfill*

proses penimbunan hampir sama dengan sistem *controlled landfill*, hanya saja pada sistem *sanitary landfill* penimbunan dilakukan 1-2 hari tergantung intensitas curah hujan suatu lokasi TPA Sampah. Ke-3 sistem tersebut umumnya dilengkapi dengan kolam pengolah air lindi (*leachate*).

Menurut Peraturan PU Nomor 03/PRT/M/2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tanggadan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga. Untuk pengelolaan TPA, sistem *sanitary landfill* dianjurkan untuk diterapkan di kota besar dan metropolitan agar tidak menimbulkan dampak negatif dan aman bagi manusia dan lingkungan sekitarnya. Untuk mencapai penerapan metode tersebut dibutuhkan kelengkapan fasilitas yang memadai. Namun berdasarkan hasil pengamatan menunjukkan sistem yang digunakan di TPA Sampah Sarimukti cenderung masih *controlled landfill* yaitu melakukan penimbunan secara berkala minimal 7 hari sekali secara selang seling antara sampah dengan tanah penutup

Permasalahan yang sering timbul dari suatu TPA Sampah dengan sistem *open dumping*, *controlled landfill* maupun *sanitary landfill* saat ini adalah pencemaran terhadap airtanah oleh lindi (*leachate*). Masalah ini dapat timbul, sekalipun pada sistem *sanitary landfill*, akibat karakteristik lokasi TPA Sampah yang tidak memenuhi persyaratan hidrogeologi yang telah ditentukan. Hal ini pun terlihat di lokasi TPA Sampah Sarimukti yang memperlihatkan kondisi fasilitas perlindungan lingkungan dalam kondisi kurang terpelihara dan tidak sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan di dalam peraturan yang berlaku seperti ventilasi gas, penutup tanah, zona penyangga dan fasilitas dasar TPA Sampah, sehingga kemungkinan pencemaran sangat memungkinkan. Menurut Hamdani (2017), pipa ventilasi gas yang ada di TPA Sampah Sarimukti kurang terpelihara, dimana kondisi pipa ventilasi gas tidak berdiri tegak karena ikut terdorong oleh alat berat dan drainase yang ada di TPA Sampah Sarimukti 50 persen (%) berfungsi dan 50 persen (%) nya lagi sudah tidak berfungsi, sehingga menyebabkan debit lindi yang dihasilkan semakin besar.

Pencemaran semakin berbahaya, apabila persyaratan geologi/hidrogeologi tidak terpenuhi seutuhnya. Persyaratan hidrogeologi yang harus dipenuhi dalam penentuan lokasi sebuah TPA diantaranya adalah jenis tanah/batuan yang akan dijadikan alas dari TPA harus mempunyai nilai konduktivitas hidrolika (k) lebih kecil dari 10^{-6} cm/detik (SNI 03-3241-1994) dan jarak dari dasar TPA ke muka airtanah tidak kurang dari 10 meter (DGTL, 2004). Di sisi lain, umumnya lokasi TPA di Indonesia masih terlalu dekat dengan kawasan pemukiman sehingga proses pencemaran airtanah yang dapat terjadi di sekitar lokasi TPA Sampah sangatlah berbahaya bagi kesehatan masyarakat di sekitarnya. Oleh karena itu, penelaahan terhadap masalah pencemaran airtanah oleh lindi ini menjadi sangat menarik untum diteliti dengan harapan dapat memberikan solusi bagi penanganan pencemaran airtanah yang ditimbulkan akibat kegiatan pembuangan sampah di lokasi TPA Sampah Sarimukti dan di area perluasan TPA Sampah Sarimukti. Dengan permasalahan yang telah diuraikan di atas dapat di simpulkan bahwa fasilitas-fasilitas yang ada di TPA Sampah Sarimukti belum bisa menunjang kegiatan pemrosesan akhir sampah secara maksimal. Oleh karena itu, revitalisasi perlu dilakukan untuk memvitalkan kembali aspek fisik

fasilitas perlindungan lingkungan TPA Sampah Sarimukti yang sudah mengalami kemunduran ke sistem *sanitary landfill*. Menurut peraturan PU nomor 3 tahun 2013, *sanitary landfill* merupakan metode yang dianjurkan untuk diterapkan di kota besar dan metropolitan agar tidak menimbulkan dampak negatif dan aman bagi manusia dan lingkungan sekitarnya. Fasilitas perlindungan lingkungan berbasis *sanitary landfill* terdiri atas lapisan dasar TPA, pengumpulan dan pengolahan lindi, ventilasi gas, penutup tanah, zona penyangga dan sumur uji.

13.1.1. Data Kegeologian TPA Sampah Sarimukti

Oleh karena TPA Sampah Legoknangka belum bisa dioperasikan untuk mengganti TPA Sampah Sarimukti. Maka, dengan kondisi tersebut, Pemerintah Provinsi Jawa Barat akan melakukan perpanjangan kontrak TPA Sampah Sarimukti sampai 2025, serta melakukan penambahan luas lahan sebesar 21,2 hektare. Meski begitu evaluasi geologi lingkungan terhadap lahan perluasan TPA Sampah Sarimukti harus dilakukan untuk menghindari pencemaran terhadap lingkungan sekitarnya. Berdasarkan hasil pengamatan lapangan yang dipandu hasil penyelidikan yang pernah dilakukan Bombom, drr., (2015), informasi yang dapat digunakan untuk analisis geologi lingkungan, sebagai berikut:

- **Geomorfologi** di sekitar TPA Sampah Sarimukti berupa lereng perbukitan berelief sedang hingga kasar dengan kemiringan yang mengarah ke arah selatan dan tenggara, diapit oleh punggung Sarimukti dan punggung Margaluyu. Besar sudut kemiringan lereng berkisar antara 3%-100% (landai hingga sangat curam, van Zuidam, 1988). Sebagian besar lahan, kecuali di bagian selatan merupakan perkebunan dan hutan lindung. Dasar lembah sempit yang memanjang di bawah TPA Sampah Sarimukti (kemiringan lereng lembah antara 40%-100%), merupakan lembah-lembah yang mengarah ke wilayah pemukiman yang berada di bagian selatannya.
- **Litologi** di daerah sekitar TPA Sampah Sarimukti, berdasarkan hasil identifikasi di lapangan secara langsung menunjukkan endapan gunung api hasil kegiatan Gunung Tangkubanparahu yang membentuk Formasi Cibereum berumur Pleistosen Tengah-Holosen, sedangkan di bagian selatannya disusun oleh endapan Tersier dari Formasi Rajamandala.

Endapan Gunungapi yang mendasari TPA Sampah Sarimukti adalah satuan batuan tuf berbatuapung dari Formasi Cibereum. Satuan batuan ini memiliki ketebalan hingga 28 meter, pernah ditambang dan dikenal sebagai bahan galian pozzolan tras; terdiri atas batuan tuf pasir-an-kerikilan (lapili) dan hasil pelapukannya, yaitu tanah lanau lempungan, komponen pencampurannya berupa pecahan-pecahan batuapung.

Batuan yang mewakili satuan Formasi Cibereum ini tersingkap cukup jelas di beberapa tempat di tepi jalan Rajamandala-Bojongmekar, memperlihatkan suatu derajat pelapukan mulai dari zona IV (lapuk kuat) hingga zona VI (tanah residu/tanah penutup). Komposisi fraksi lempung pada satuan batuan ini adalah 50-54%. Berdasarkan hasil analisis laboratorium diketahui bahwa jenis mineral

lempung dalam satuan batuan ini yaitu halosyt (termasuk grup kaolinit).

- **Hidrologi** di sekitar TPA Sarimukti berupa sungai-sungai kecil yang berada di bagian selatan lokasi TPA Sampah Sarimukti yang terletak sejauh 600 meter dan bermuara ke sungai Citarum yang mengalir ke arah utara. Pola pengaliran sungai antara anak sungai yang berkembang di daerah ini dengan Sungai Citarum sebagai sungai utamanya adalah dendrito-paralel. Di bagian utara daerah penelitian Sungai Citarum ini dibendung menjadi Waduk Cirata untuk keperluan PLTA, irigasi, dan perikanan. Berdasarkan posisi TPA Sarimukti, Waduk Cirata ini terhalang oleh punggung yang memanjang barat-timur.
- **Hidrogeologi** di sekitar TPA Sampah Sarimukti secara regional termasuk ke dalam akuifer produktif rendah dan daerah air tanah langka. Berdasarkan hasil pengamatan lapangan menunjukkan secara umum batuan penyusun daerah TPA Sampah Sarimukti terbagi menjadi tiga satuan, dari tua ke muda yaitu: Satuan Perselingan Batulempung-Batupasir, Satuan Tuf, dan Satuan Breksi Vulkanik. Satuan Perselingan Batulempung-Batupasir diperkirakan berperan sebagai akuitar.

Satuan Tuf juga diperkirakan berperan sebagai akuitar, sedangkan Satuan Breksi Vulkanik diperkirakan berperan sebagai akuifer. Akifer tersebut mempunyai dua sistem akifer, yaitu akifer pada kedalaman antara -2 m hingga -25 m dan akifer yang memiliki lapisan akitard pada kedalaman antara -10 m hingga -35 m. Akifer pertama yang disusun oleh batuan tuf pasiran, terdiri atas tanah lanau lempungan di bagian atasnya sebagai zona tak jenuh, yang dikategorikan sebagai akifer tak tertekan/bebas. Akifer kedua merupakan akifer setengah tertekan/setengah bebas, karena memiliki lapisan lempung lanauan pada bagian atas yang termasuk ke dalam lapisan akitard (lapisan yang dapat menampung air tetapi tidak dapat melepaskannya dalam jumlah yang cukup; Kruseman dan de Ridder, 1994).

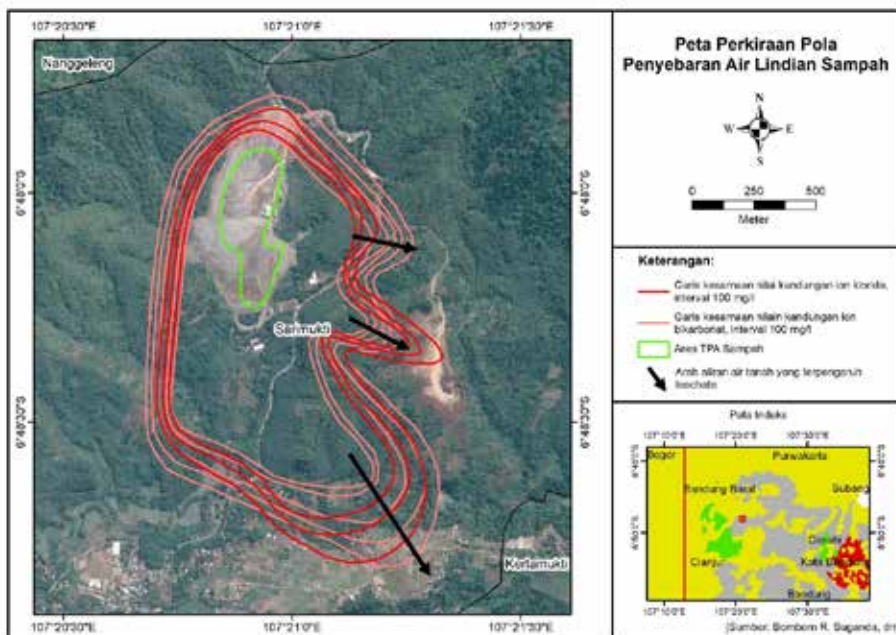
Berdasarkan sifatnya kedua sistem akifer di lokasi TPA Sampah Sarimukti dapat tercemar oleh suatu sistem pencemar, namun berdasarkan posisi stratigrafinya hanya akifer pertamalah (akifer bebas), yang kemungkinan terpengaruh oleh rembesan air lindian sampah di daerah ini.

- **Permeabilitas atau konduktivitas Hidrolika** untuk batuan dasar di daerah ini menunjukkan adanya lapisan tanah lanau lempungan yang memiliki nilai konduktivitas hidrolika 10^{-3} cm/detik, sedangkan lapisan batuan tuf pasiran di bagian bawahnya memiliki konduktivitas hidrolika 10^{-2} cm/detik. Sementara itu berdasarkan hasil uji mekanika tanah dari contoh tanah tak terganggu, diperoleh nilai konduktivitas hidrolika lapisan tanah lanau lempungan setelah dikompaksi sebesar $7,59 \times 10^{-5}$ cm/detik.

Pengamatan gradian hidrolis dan arah aliran air tanah dangkal di daerah bekas TPA Sampah dan sekitarnya berdasarkan hasil pengukuran pada sumur penduduk, mata air, dan lokasi rembesan menunjukkan muka air tanah pada akifer bebas rata-rata berkisar antara -2 hingga -5, kecuali di bagian puncak dari endapan batuan tuf berbatu apung dapat mencapai -35 m. Kedalaman muka air tanah di bagian timur termasuk ke dalam akifer setengah tertekan, rata-rata memiliki kedalaman -10 meter.

Dari hasil pengamatan tersebut dan analisis kontur pada peta topografi, diperkirakan bahwa aliran air tanah di daerah TPA sampah Sarimukti dan sekitarnya terdiri atas empat arah aliran, yaitu arah relatif tenggara dengan besar kemiringan (gradien hidrolis) antara 20-40%, arah timur dengan kemiringan sekitar 10%, arah relatif baratdaya dengan kemiringan sekitar 10-20%, dan arah selatan dengan kemiringan sekitar 10%.

Di antara ke empat arah aliran air tanah di lokasi TPA Sarimukti sesuai kondisi morfologi, kemiringan lereng, dan kedudukan lapisan tuf di bawah TPA sampah yang miring ke arah selatan, hanya arah relatif tenggara dan selatan saja yang dapat terpengaruh oleh air lindian sampah, (Gambar 12.3).



Gambar 13.3. Peta Pola Penyebaran Air Lindian sampah yang diperkirakan terjadi di daerah TPA Sampah Sarimukti dan sekitarnya, (sumber: Bomboon R. Suganda, drr).

13.1.2. Analisis Kemungkinan Pencemaran Air Tanah

Komponen hidrogeologi dalam penilaian detail TPA sampah berkaitan dengan kemungkinan pencemaran terhadap air tanah dilakukan dengan menggunakan metoda *Le Grand (1980)*. Analisis kelayakan TPA sampah dengan metoda ini menekankan pada kemungkinan terjadi pencemaran akuifer dari rembesan pembuangan TPA Sampah. Analisis ini didasarkan pada tingkat kepekaan akuifer dan tingkat racun dan bahaya limbah.

Metoda ini menggunakan parameter berikut ini :

- Jarak ke lokasi/ titik pemanfaatan air tanah yang akan tercemari

- Arah dan besar landaian muka air tanah
- Kedudukan muka air tanah
- Jenis atau tekstur dan ketebalan tanah permukaan
- Jenis batuan di bawah tanah permukaan
- Sensitifitas air tanah (akuifer) terhadap pencemaran

Metoda ini dapat pula digunakan untuk mengevaluasi tingkat bahaya kontaminasi yang terdiri dari dua aspek, yakni tingkat keseriusan pencemar dan kemungkinan pencemaran serta tingkat penerimaan tapak.

Pada metoda ini penilaian tapak dapat dilakukan dengan memanfaatkan data yang langsung diperoleh di lapangan (data primer) serta data sekunder. Selanjutnya dilakukan pula penilaian terhadap tingkat kepercayaan data. Tingkat kepercayaan terhadap data dinyatakan dengan huruf A, B, dan C dengan pengertian sebagai berikut:

A = Seluruh data penilaian tapak berdasarkan pada data primer

B = Sebagian data penilaian tapak berdasarkan pada data sekunder.

C = Seluruh atau sebagian besar data penilaian tapak berdasarkan pada data sekunder.

Keterangan tambahan dinyatakan dengan huruf M,D,W,S serta V, I dan L adalah :

M = Dapat terjadi genangan air lindian (*leachate*) di dasar timbunan limbah.

D = Air lindian akan disebarkan oleh air tanah

W = Sumber airtanah dekat lokasi TPA Sampah yang mungkin dapat tercemar, seperti sumur gali penduduk, sumur pantek, sumur bor atau mata air.

S = Sumber air permukaan dekat lokasi TPA Sampah yang mungkin dapat tercemar, seperti sungai, danau atau rawa-rawa.

V= Sumber air yang akan tercemar sangat vital bagi penduduk

I = Sumber air yang tercemar penting bagi penduduk

L= Sumber air yang akan tercemar kurang penting bagi penduduk

Untuk melakukan penilaian kelayakan TPA Sampah dengan *metode Le Grand* tersebut, terlebih dahulu dilakukan verifikasi dan pengamatan lapangan, sehingga data yang diperoleh cukup akurat dan tingkat kepercayaannya termasuk nilai katagori B, dengan kemungkinan sumber air yang akan tercemar berupa sumur penduduk atau sungai, maka diberi simbol W. Daerah tempat calon lokasi buangan limbah termasuk dalam wilayah bercurah hujan sedang-tinggi yang akan timbul muka air tanah di dalam "*sanitari landfill*" dan kondisi ini diberi simbol M.

Dari hasil pengukuran dan pengumpulan data baik data primer maupun data sekunder, maka dapat dirangkum sebagai berikut (Tabel 13.1):

Table 13-1 Ringkasan kajian Geologi Lingkungan Lokasi Tapak Sarimukti

NO.	ASPEK KAJIAN	HASIL KAJIAN
1.	Kemiringan lereng	10 - 40 %
2.	Batuan dasar	Batuan Sedimen Tersier
3.	Jenis tanah pelapukan	Perselingan Lempung dan Lempung Lanauan
4.	Tebal tanah	2 – 10 meter
4.	Permeabilitas tanah	> 10-5 cm/detik
5.	Kedalaman muka air tanah (MAT)	Rata-rata ebih besar dari 4 meter
6.	Daerah resapan air	Bukan daerah Resapan utama
7.	Daerah genangan air	Bukan
8.	Stabilitas lereng	Kurang Stabil
9.	Jarak terhadap sungai atau irigasi	< 600 meter
10.	Jarak terhadap sumur gali atau bor	> 1000 meter
11.	Jarak terhadap pemukiman	> 500 meter
12.	Jarak terhadap jalan utama	> 400 meter
13.	Penggunaan lahan saat ini	Kebun campuran

Berdasarkan data dan informasi yang terkumpul di atas, maka selanjutnya dilakukan penilaian dan evaluasi terhadap lokasi tapak dengan menggunakan metode *Le Grand, 1880*. Hasil penilaian ditunjukkan dalam table 13.2. berikut ini :

**TABEL 13.2
PENILAIAN CALON TPA SAMPAH PADA LOKASI TAPAK SARIMUKTI
(menggunakan metode *Le Grand, 1980*)**

Parameter I										
Nilai	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Jarak sumber pencemar ke titik pemantauan sumber air.	Jarak >2000	1.000-2000	300-999	150-299	75-149	50-74	35-49	20-34	15-19	0-14
(m)										
Parameter II										
Nilai	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kedalaman muka air tanah dari dasar sumber pencemar.	> 60	30 - 60	20 - 29	12 - 19	8 - 11	5 - 7	3 - 4	1,5 - 2,5	0,5 - 1	0
(m)										
Parameter III										
Nilai	0	1	2	3	4	5				
Gradien muka air tanah dan arah aliran	Gradien bertlawanan dari semua water supply < 1 km	Gradien hampir datar	Gradien < 2% tapi bertlawanan dengan arah aliran yang menuju water supply	Gradien < 2% tapi searah dengan arah aliran yang menuju water supply	Gradien > 2% tapi bertlawanan dengan arah aliran yang menuju water supply	Gradien > 2% tapi searah dengan arah aliran ke water supply				

Parameter IV
Permeabilitas sorption
I = Satuan dasar ketap air
II = Satuan dasar lolos air

Tebal tanah (m)	Lempung		Lempung dan pasir < 50 %		Pasir dan lempung 15-30 %		Pasir dan lempung < 15 %		Pasir halus		Pasir kasar/ gravel	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
> 30	0	(2)	2		4		6		8		0	
25 - 29	0	1	1	2	3	4	5	6	7	9	9	9
20 - 24	0	2	1	3	4	4	5	6	7	9	9	9
15 - 19	0	3	1	4	4	5	5	7	7	9	9	9
10 - 14	0	4	2	5	4	6	5	7	7	9	9	9
4 - 9	1	6	3	7	5	7	5	7	7	9	9	9
3	2	5	3	8	9	9	5	9	7	9	9	9

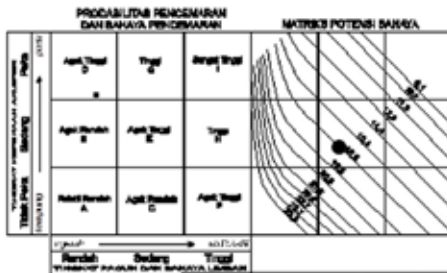
Batuan dasar muncul ke permukaan (tebal tanah = 0 meter) I = 5, dan II = 9

Jumlah nilai	Jarak	Muka airtanah	Gradien	Permeabilitas	Tingkat kepercayaan	Keterangan tambahan
16	= 2	5	3	6	C	S I

← Jumlah

Jumlah Nilai	Peringkat Nilai	Kelas Lahan
-	< 10	Luar biasa baik
-	11 - 14	Baik sekali

16	15 - 17	Baik
-	18 - 20	Sedang
-	> 20	Buruk sampai buruk sekali



Keterangan:

- Tingkat kepekaan akuifer yang ditentukan oleh beberapa parameter seperti: jenis, sifat fisik dan tebal lapisan tanah, gradient arah aliran dan kedalaman muka airtanah.
- Tingkat racun dan bahaya sampah menunjukkan jenis dan tingkat bahaya sampah terendah (organik hingga sampah sangat berbahaya/radioaktif).
- Angka-angka dalam Matriks Potensi/Bahaya menunjukkan besarnya harga PAR (Protection Aquifer Rating).

		Parameter Penilaian				Peringkat Situasi		
		I	II	III	IV	B	W	I
16	=	2	5	3	6			
18					6	B		
-2					0	=	-2 B	

Keterangan :

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 16 = Jumlah nilai | 6 = Permeabilitas |
| 2 = Jarak dari sumber air | C = Tingkat Kepercayaan |
| 5 = Kedalaman muka airtanah | W = Pengaruh thd sumur gali |
| 3 = Gradiend air tanah | I = Sumber air penting |

- lajur atas merupakan hasil penilaian pada table Le Grand
- lajur ke dua nilai matrik potensi bahaya
- lajur ketiga merupakan hasil pengurangan dari lajur pertama dengan lajur ke dua

TABEL 13.3. PERINGKAT SITUASI (SR)

Peringkat Tapak	Kemungkinan Pencemaran	Tingkat Penerimaan
< - 8	Hampir tidak mungkin	Hampir pasti dapat diterima
-4 s.d. -7	?	Mungkin diterima
+3 s.d. -3	?	<u>Meragukan</u>
+4 s.d. +7	Mungkin	Mungkin tidak dapat diterima
> +8	Sangat mungkin	Hampir pasti tidak dapat diterima

Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa lokasi tapak TPA sampah terletak pada kelas lahan tergolong peringkat lahan katagori baik dengan nilai 16 (table 13.2.) Peringkat situasi tapaknya mempunyai nilai -2C yang berarti bahwa kemungkinan terjadinya pencemaran terhadap air tanah **AGAK MEMUNGKINKAN**, dengan tingkat penerimaan sebagai TPA Sampah **MERAGUKAN**, (Tabel 13.3).

Analisis tersebut di atas menunjukkan bahwa lokasi tapak memiliki tingkat kelayakan sedang (meragukan). Oleh karena itu, perlu kewaspadaan karena ke arah pedataran memiliki alur-alur sungai kecil meskipun hanya bersifat musiman, namun perlu diperhatikan terhadap timbulan air lindi (*leachate*) karena air lindi yang terakumulasi dalam jumlah yang besar mungkin dapat berpengaruh pada daerah sekitarnya. Selain itu, untuk mengurangi dampak pencemaran yang mungkin terjadi pada lokasi tersebut, diperlukan pergeseran nilai PAR agar lokasi menjadi diterima dengan cara masukan teknologi.

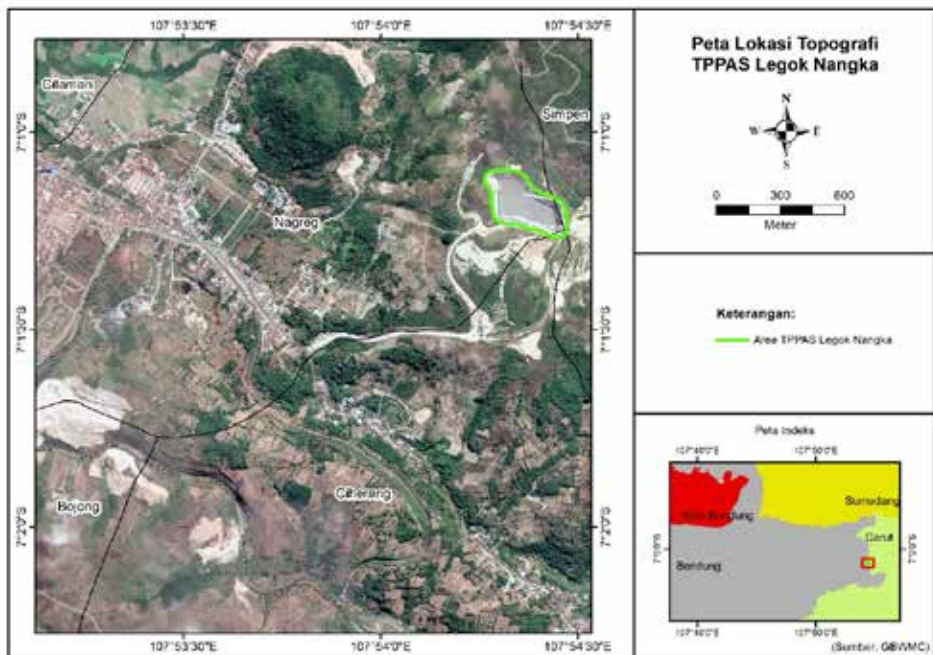
13.2. TPPAS LEGOK NANGKA, KABUPATEN BANDUNG

13.2.1. Gambaran Umum

Secara administratif lokasi TPPAS Legok Nangka terletak di Desa Ciherang, Kecamatan Nagreg, Kabupaten Bandung. Terletak pada koordinat 107°53' 55" BT-07°02' 45" LS. Berada pada ketinggian 848 mdpl, (Gambar 13.4). Batas wilayah TPPAS adalah di bagian utara Desa Nagreg, di bagian selatan Desa Bojong, dibagian timur Desa Ciherang, dan di bagian Barat Kecamatan Cicalengka.

Direncanakan TPPAS Legok Nangka ini melayani 6 Kota/Kabupaten, yaitu Bandung, Kabupaten Bandung, Kabupaten Bandung Barat, Cimahi, Sumedang, dan Garut, (Gambar 13.5. Luas Area TPPAS sekitar 90 ha dengan kapasitas Pengolahan Sampah 2.000 ton/hari, Output listrik yang diharapkan antara 20-30 MW dan sebagai *off taker* adalah PT. PLN serta diperkirakan beroperasi pada 2023.

TPPAS ini direncanakan akan menggunakan teknologi thermal yang menghasilkan listrik, diperkenalkan dengan istilah *Waste to energy*. Teknologi ini diproyeksikan dalam mengatasi permasalahan sampah dengan menghasilkan listrik yang dapat

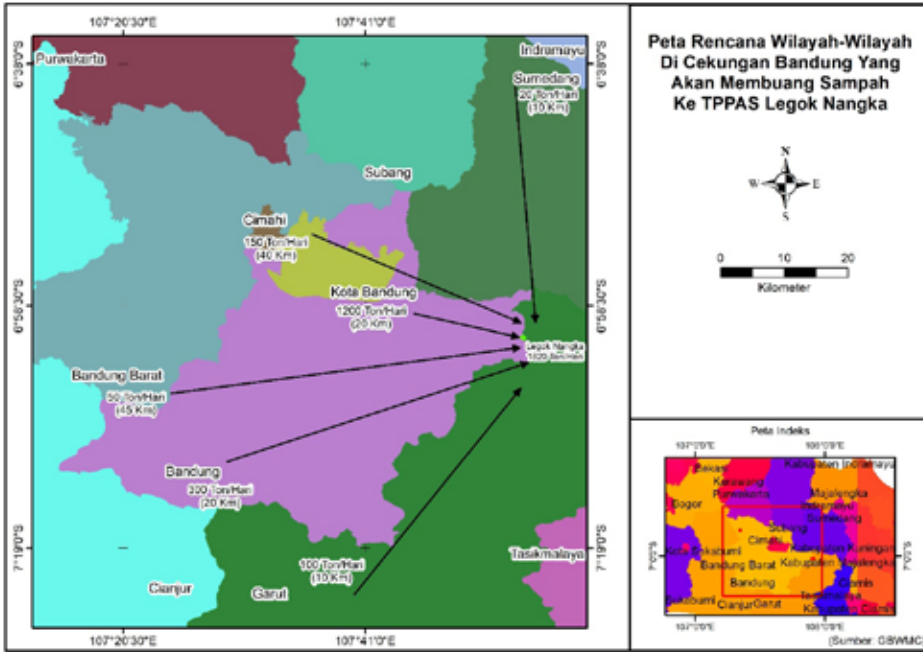


Gambar 13.4. Lokasi TPPST Legok Nangka di Desa Ciharang, Kecamatan Nagreg, Kabupaten Bandung

dijual kepada PLN. Badan Usaha diharapkan membantu investasi, pembangunan dan pengelolaan proyek. Pengembalian investasi didapatkan dari penjualan listrik ke PLN dan *tipping fee* yang ditarik dari Kota/Kabupaten penerima manfaat.

Namun melihat kondisi eksisting saat ini, perencanaan pada Masterplan TPPAS Legok Nangka yang merencanakan reduksi sampah lebih dari 90% melalui ITF dianggap tidak realistis. Oleh sebab itu, diperlukan redesain TPPAS guna pengembangan kapasitas landfill dengan skenario penanganan sampah yang lebih sesuai dengan kondisi yang terjadi saat ini. Hal ini mengingat beberapa wilayah pelayanan TPPAS tidak memiliki alternatif pembuangan akhir sampah di lokasi lain. Berdasarkan perhitungan proyeksi penduduk dan proyeksi timbulan sampah, prediksi kebutuhan lahan landfill hingga tahun 2027 untuk skenario optimis sebesar 6,74 ha. Sedangkan lahan landfill zona 1 hanya sebesar 5,99 ha. Dengan penambahan zona baru seluas 4,9 ha, maka total usia layan pakai skenario optimis dapat mencapai 10 tahun 4 bulan 7 hari. Perencanaan zona baru berada pada elevasi 960m- 997,5 m.

Dengan permasalahan tersebut, penulis mencoba ikut mengevaluasi terkait kelayakan lokasi landfill di TPPAS Legok Nangka dari sudut pandang geologi lingkungan khususnya komponen hidrogeologi. Evaluasi yang dimaksud berkaitan dengan kemungkinan pencemaran terhadap air tanah yang dilakukan dengan menggunakan metode *Le Grand (1980)* sebagaimana dilakukan terhadap TPA Sampah Regional Sarimukti yang kini diperluas dan diperpanjang pengoperasiannya hingga tahun 2023.



Gambar 13.5. Rencana wilayah-wilayah di Cekungan Bandung yang akan membuang sampah ke TPPAS Legok Nangka, Kabupaten Bandung, (Sumber: GBWMC).

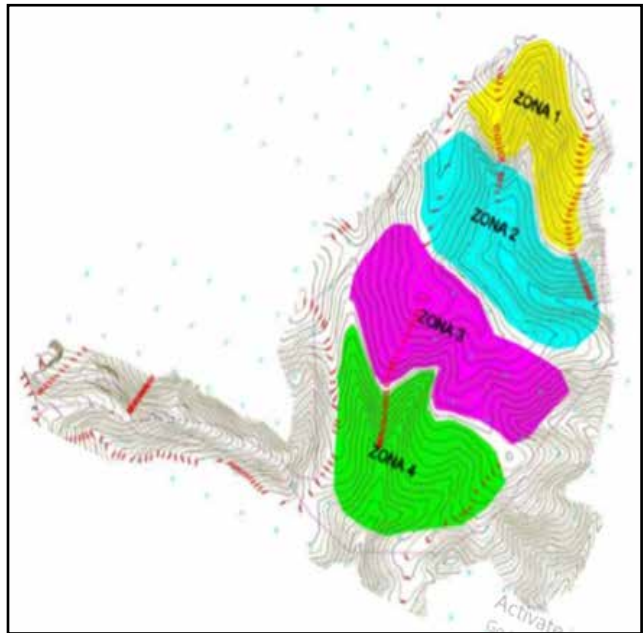
13.2. Analisis pada Alternatif Landfill di TPPAS Legok Nangka

13.2.1. Keadaan Geologi Lingkungan

Berdasarkan hasil pengamatan aspek geologi lingkungan di lapangan yang dipandu data sekunder, diperoleh informasi sebagai berikut:

- Berdasarkan peta topografi, diperoleh elevasi lahan TPPAS Legok Nangka berkisar dari elevasi ± 950 sampai 1064 m.
- Berdasarkan skenario yang pernah dilakukan pada DED 2009, lokasi TPPAS Legok Nangka ini dibagi menjadi empat zona alternatif *landfill*, seperti terlihat pada Gambar 13.6. Dari ke-4 zona alternatif *landfill* tersebut, masing-masing memiliki kemiringan lereng yang berbeda, yaitu Zona 1 berkisar antara 19%-25%, zona 2 berkisar antara 5%-15%, zona 3 merupakan bukit bergandengan, dan zona 4 berkisar antara 15%-20%.
- Lokasi ini berada pada geomorfologi lembah bukit. Lembah berupa pedataran bergelombang lemah kemiringan lereng 5-10%, sedangkan bukit pun bergelombang sedang dengan kemiringan lereng 10-20%, meliputi bagian selatan barat dan sedikit timur laut. Sedangkan
- Lokasi ini disusun umumnya disusun oleh litologi endapan vulkanik muda, tua,

Gambar 13.6. Empat alternatif tapak landfill di TPPAS Legok Nangka, Kabupaten Bandung



dan tak teruraikan dengan tanah pelapukan berupa lempung lanauan berselingan dengan lempung pasir. Ketebalan tanah penutup kurang dari 10 meter, umumnya 4 m hingga 5 meter.

- Berdasarkan hasil beberapa titik pemboran, kedalaman muka air tanah pada lokasi TPPAS Legok Nangka Kabupaten Bandung umumnya mencapai lebih dari 8 meter dari muka tanah.
- Berdasarkan hasil uji perkolasi pada kedalaman 2.80-3.00 m di empat zona alternatif di TPPAS Legok Nangka, Kabupaten Bandung, menunjukkan nilai permeabilitas tanah berkisar antara 1×10^{-5} hingga 5×10^{-5} cm/detik.
- Berdasarkan hasil pengamatan lapangan, menunjukkan pemanfaatan air tanah oleh penduduk setempat di wilayah Nagreg dan sekitarnya yang berdekatan dengan lokasi TPPAS Legok Nangka umumnya untuk kebutuhan domestik.
- Berdasarkan hasil penelusuran lapangan, menunjukkan bahwa aliran sungai umumnya cukup jauh, yang terdekat dari lokasi TPPAS Legok Nangka berjarak lebih dari 150 meter dan pemanfaatan sungai ini digunakan untuk keperluan pertanian (irigasi) dan cuci mandi oleh penduduk sekitar.
- Lokasi TPPAS ini berada cukup jauh dari wilayah permukiman dan berdasarkan pengamatan pada peta rupabumi dan pengecekan langsung dilapangan menunjukkan jarak antara 1500-2000 meter. Selain itu sebagian besar lokasi berupa tanah tidak produktif, berupa lahan kritis, dan sangat kering.
- Pemukiman umumnya berada di balik punggung bukit yang disusun oleh litologi endapan vulkanik kuarter. Pada punggung bukit tersebut banyak ditemukan pecahan-pecahan obsidian.

13.2.2. Timbulan, Komposisi, dan Karakteristik Sampah Wilayah Studi

Data timbulan sampah yang diperlukan didasarkan pada hasil analisis yang dilakukan oleh Athaya Dhiya Zafira, dr., (2016). Penentuan timbulan sampah yang dilakukan mereka, yaitu dengan melakukan pengukuran selama 3 hari berturut-turut di wilayah TPA yang menjadi wilayah studi (TPA Sarimukti, TPA Pasir Baging, dan TPA Cibeureum). Metoda yang digunakan yakni metoda *loud-count analysis*. Kemudian dilakukan pengukuran kepadatan sebelum dan sesudah kompaksi. Hasil pengukuran kepadatan sampah dan timbulan sampah ditunjukkan pada Tabel 13.3.

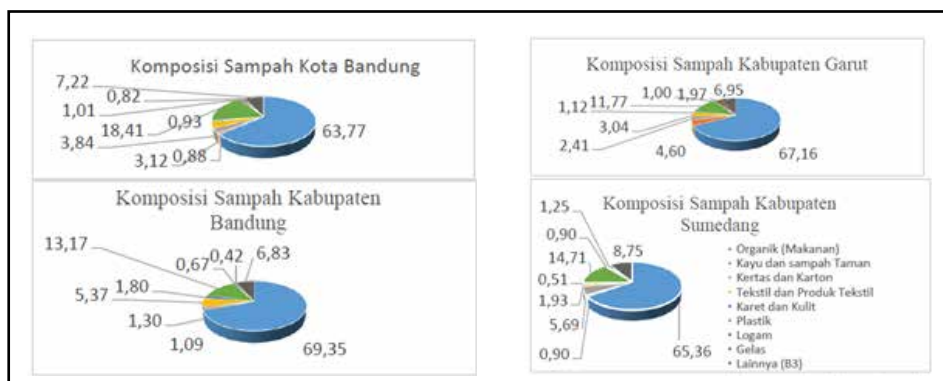
Tabel 13.3. Timbulan sampah wilayah studi

Wilayah	Sebelum dipadatkan (ton/m ³)	Setelah dipadatkan (ton/m ³)	Timbulan Sampah (ton/hari)
Kota Bandung	0,69	0,859	830,180
Kab.Bandung	0,447	0,859	132,990
Kab.Garut	0,365	0,548	191,295
Kab.Sumedang	0,593	0,587	67,244

Sumber: Hasil pengukuran Athaya Dhiya Zafira, dr., (2016) di lapangan.

Beberapa parameter untuk menentukan karakteristik sampah pada di wilayah studi terdiri dari pengukuran kadar air, kadar volatil, fixed carbon, kadar abu, dan karbon organik. Berdasarkan hasil pengukuran, kadar air atau kelembaban sampah domestik di wilayah Metropolitan Bandung berkisar 60%-69% berat basah dengan rata-rata sebesar 64,2% berat basah. Perbedaan kadar air sampah tiap wilayah dipengaruhi oleh komposisi sampah, musim, dan curah hujan di wilayah tersebut. Rata-rata kadar volatil sampah hasil pengukuran ialah sebesar 85,52% berat kering.

Kemudian pengukuran kadar abu dilakukan setelah dilakukannya pengukuran kadar volatil, hasil pengukuran yang diperoleh ialah rata-rata fixed carbon dari



Gambar 13.7. Komposisi sampah wilayah studi

sampel sampah seluruh TPA yakni 10,82% berat kering dan rata-rata kadar abu tersisa dari sampel sampah seluruh TPA sebesar 5,66% berat kering. Selanjutnya diukur pula kandungan C-organik pada sampel sampah yang digunakan dalam perhitungan potensi gas. Nilai C-organik hasil pengukuran sebesar 12,90% berat kering.

Sampling komposisi dilakukan di TPA Sarimukti, TPA Pasir Bajing, dan TPA Cibereum selama 3 hari berturut-turut di tiap lokasi. Metoda yang digunakan yakni metoda 4 kuadran. Data hasil sampling komposisi ditunjukkan pada Gambar 13.7.

13.2.3. Analisis Kemungkinan Pencemaran Air Tanah

Dari hasil pengukuran dan pengumpulan data baik data primer maupun data sekunder, maka dapat dirangkum sebagai berikut :

Table 13.4. Ringkasan kajian Geologi Lingkungan Lokasi Tapak Sarimukti

NO.	ASPEK KAJIAN	HASIL KAJIAN
1.	Kemiringan lereng	5 - 25 %
2.	Batuan dasar	Batuan Vulkanik Muda
3.	Jenis tanah pelapukan	Perselingan Lempung Lanauan dan Lempung Pasiran
4.	Tebal tanah	2 – 5 meter
4.	Permeabilitas tanah	> 10-5 cm/detik
5.	Kedalaman muka air tanah (MAT)	Rata-rata ebih besar dari 8 meter
6.	Daerah resapan air	Bukan daerah Resapan utama
7.	Daerah genangan air	Bukan
8.	Stabilitas lereng	Cukup Stabil
9.	Jarak terhadap sungai atau irigasi	< 150 meter
10.	Jarak terhadap sumur gali atau bor	> 1000 meter
11.	Jarak terhadap pemukiman	> 1500 meter
12.	Jarak terhadap jalan utama	> 1400 meter
13.	Penggunaan lahan saat ini	Kebun campuran

Berdasarkan data dan informasi yang terkumpul di atas, maka selanjutnya dilakukan penilaian dan evaluasi terhadap lokasi tapak legok nangka dengan menggunakan metode Le Grand, 1880. Hasil penilaian ditunjukkan dalam table 13.5. berikut ini :

TABEL 13.5.
PENILAIAN CALON TPA SAMPAH PADA LOKASI TAPAK LEGOK
NANGKA
 (menggunakan metode Le Grand, 1980)

Parameter I	Nilai	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Jarak sumber pencemar ke titik pemertasaan sumber air.	Jarak	2.000	1.000-2.000	300-999	150-299	75-149	50-74	35-49	20-34	15-19	0-14
(m)											
Parameter II	Nilai	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kedalaman muka air tanah dari dasar sumber pencemar.	Kedalaman	= 60	30 - 60	20 - 29	12 - 19	8 - 11	5 - 7	3 - 4	1,5 - 2,9	0,9 - 1	0
(m)											
Parameter III	Nilai	0	1	2	3	4	5				
Gradien muka air tanah dari sumber pencemar.	Gradien muka air tanah dari arah aliran	Gradien berlawanan dari arah aliran ke arah sumber = 1 km	Gradien hampir datar	Gradien = 2% (saj) berlawanan dengan arah aliran yang menuju ke arah sumber	Gradien = 2% (saj) searah dengan arah aliran yang menuju ke arah sumber	Gradien = 2% (saj) berlawanan dengan arah aliran yang menuju ke arah sumber	Gradien = 2% (saj) searah dengan arah aliran yang menuju ke arah sumber				

Parameter IV
 Permeabilitas sorption
 I = Batuan dasar kedap air
 II = Batuan dasar liris air

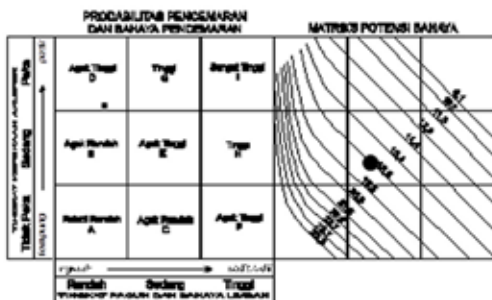
Tebal tanah (m)	Lempung		Lempung dan pasir < 50 %		Pasir dan lempung 15-30 %		Pasir dan lempung < 15 %		Pasir halus		Pasir kasar/ gravil	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
> 30	0	(2)	2		4		6		8		0	
25 - 29	0	1	1	2	3	4	5	6	7	9	9	9
20 - 24	0	2	1	3	4	4	5	6	7	9	9	9
15 - 19	0	3	1	4	4	5	5	7	7	9	9	9
10 - 14	0	4	2	5	4	6	5	7	7	9	9	9
4 - 9	1	5	3	7	5	7	5	7	7	9	9	9
3	2	6	3	8	9	9	5	9	7	9	9	9

Batuan dasar muncul ke permukaan (tebal tanah = 0 meter) I = 5, dan II = 9

Jumlah nilai	Jarak	Muka air tanah	Gradien	Permeabilitas	Tingkat kepercayaan	Keterangan tambahan
13	= 1	4	2	6	C	S I

← Jumlah

Jumlah Nilai	Peringkat Nilai	Kelas Lahan
-	< 10	Luar biasa baik
13	11 - 14	Baik sekali
-	15 - 17	Baik
-	18 - 20	Sedang
-	> 20	Buruk sampai buruk sekali



Keterangan:

- Tingkat kepekaan akuifer yang ditentukan oleh beberapa parameter seperti: jenis, sifat fisik dan tebal lapisan tanah, gradient arah aliran dan kedalaman muka airtanah.
- Tingkat racun dan bahaya sampah menunjukkan jenis dan tingkat bahaya sampah terendah (organik hingga sampah sangat berbahaya/radioaktif).
- Angka-angka dalam Matriks Potensi Bahaya menunjukkan besarnya harga PAR (Protection Aquifer Rating).

Parameter Penilaian						
	I	II	III	IV	Peringkat Situasi	
13	= 1	4	2	6	B	W I
18				6	B	
-5				0	= -5 B	

Keterangan :

- 13 = Jumlah nilai
- 1 = Jarak dari sumber air
- 4 = Kedalaman muka airtanah
- 2 = Gradiend air tanah
- 6 = Permeabilitas
- C = Tingkat Kepercayaan
- W = Pengaruh thd sumur gali
- I = Sumber air penting

- lajur atas merupakan hasil penilaian pada table Le Grand
- lajur ke dua nilai matrik potensi bahaya
- lajur ketiga merupakan hasil pengurangan dari lajur pertama dengan lajur ke dua

Peringkat Tapak	Kemungkinan Pencemaran	Tingkat Penerimaan
< - 8	Hampir tidak mungkin	Hampir pasti dapat diterima
-4 s.d. -7	?	<u>Mungkin diterima</u>
+3 s.d. -3	?	Meragukan
+4 s.d. +7	Mungkin	Mungkin tidak dapat diterima
> +8	Sangat mungkin	Hampir pasti tidak dapat diterima

Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa lokasi tapak TPA sampah terletak pada kelas lahan tergolong peringkat lahan baik sekali dengan nilai 13 (tabel 13.6.) Peringkat situasi tapaknya mempunyai nilai -5 B yang berarti bahwa kemungkinan terjadinya pencemaran terhadap air tanah antara **HAMPIR TIDAK MUNGKIN** dan **AGAK MUNGKIN**, dengan tingkat penerimaan TPA Sampah **MUNGKIN DITERIMA**, (Tabel 13.7).

Analisis tersebut di atas menunjukkan bahwa lokasi tapak memiliki tingkat

kelayakan sedang-tinggi, namun kemungkinan pencemaran yang terjadi sulit terkategori. Untuk mengurangi dampak pencemaran yang mungkin terjadi pada lokasi tersebut, diperlukan pergeseran nilai PAR agar lokasi menjadi diterima dengan cara masukan teknologi.

13.3. KESEBANDINGAN DAN HARAPAN

Berdasarkan data tahun 2016, beban sampah di TPA Sarimukti mencapai 3.000 m³ setiap harinya. Kondisi ini menyebabkan TPA Sarimukti sudah jenuh dan masa aktifnya seharusnya sudah berakhir sejak tahun 2017. Sementara TPPAS Legok Nangka yang diharapkan beroperasi 2017 menggantikan TPA Regional Sarimukti gagal beroperasi dan sampai 2021 belum mampu merealisasikannya bahkan mendorong TPA Sarimukti diperluas dan diperpanjang masa beroperasinya hingga 2023.

Dengan kondisi seperti itu, memaksa kabupaten/kota di Cekungan Bandung mencari alternatif lain untuk menyelesaikan permasalahan persampahan ini. Kabupaten Bandung, salah satu yang menjadi wilayah pelayanan TPA Sarimukti mencari alternatif lain untuk mengurangi jumlah timbulan sampah ke lokasi TPA Sarimukti maupun TPPAS Legok Nangka dikemudian hari. Salah satu alternatif yang direncanakan untuk menangani hal tersebut sesuai dengan amanat Perpres Jakstranas, yakni sejumlah TPST direncanakan dibangun dan pengoptimalan kembali TPST serta TPS 3R yang ada di wilayah studi. Namun kenyataannya saat ini di wilayah Kabupaten Bandung sebenarnya telah terbangun 112 TPS 3R, namun 88 diantaranya tidak aktif. Maka penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi fasilitas TPS 3R yang telah terbangun saat ini dan merumuskan strategi-strategi untuk peningkatan kinerja dan keberlanjutan TPS 3R. Metode yang digunakan ialah analisa deskriptif kualitatif dan kuantitatif, serta analisis matriks IFAS, EFAS, dan matriks SWOT, (Athaya Dhiya Zafira dan Enri Damanhuri, 2019).

Berdasarkan hasil analisa IFAS dan EFAS yang dilakukan Athaya Dhiya Zafira (2019), diperoleh nilai strength posture sebesar 0,421 dan nilai competitive posture sebesar 0,063. Posisi nilai tersebut bila diposisikan pada kuadran strategi perencanaan berada pada kuadran 1. Alternatif strategi yang direkomendasikan yakni pengembangan (strategi agresif) atau strategi S-O. Strategi yang diusulkan yakni pembentukan seksi khusus di pemerintahan yang bertugas sebagai aparat penegak peraturan terkait pemilahan sampah sejak dari sumber dan retribusi, riset dan pengembangan produk TPS 3R melalui diversifikasi produk, dan kolaborasi/kerja sama dengan pihak lain seperti kerja sama antar TPS 3R, dengan pihak swasta, LSM, atau dinas pertanian dan pertamanan. Rekomendasi skenario pengelolaan sampah di masa mendatang yakni pengoptimalan TPS 3R terbangun dengan minimal cakupan pelayanan sebesar 500 KK. Hal ini dengan pertimbangan bahwa alternatif terpilih pada tahun 2020 mampu mengurangi sampah terangkut ke TPA sebesar + 7300 ton/tahun, menghemat biaya operasional pengangkutan sebesar Rp. +3,5 milyar/tahun., dan mengurangi emisi sebesar 1.268 MTCO₂e/tahun dibandingkan kondisi business as usual.

Dari hasil analisis Le Grand ke-2 TPA Regional Sarimukti dan Legok Nangka menunjukkan kondisi geologi lingkungan khususnya komponen hidrogeologi Legok Nangka sedikit lebih baik, terletak pada kelas lahan tergolong peringkat lahan baik sekali dengan nilai 13 (tabel 13.7.) Peringkat situasi tapaknya mempunyai nilai -5B yang berarti bahwa kemungkinan terjadinya pencemaran terhadap air tanah antara Hampir Tidak Mungkin dan Agak Mungkin, dengan tingkat penerimaan TPA Sampah Mungkin Diterima. Sedangkan, TPA Sarimukti menunjukkan peringkat lahan dengan katagori baik dengan nilai 16 dan Peringkat situasi tapaknya mempunyai nilai -2C yang berarti bahwa kemungkinan terjadinya pencemaran terhadap air tanah Agak Memungkinkan, dengan tingkat penerimaan sebagai TPA Sampah Meragukan. Dengan demikian, secara geologi lingkungan TPPAS Legok Nangka lebih memberi harapan menekan dampak negatif pada masyarakat akibat pencemaran lingkungan oleh air lindi, apalagi pengelolaan TPPAS dilakukan sesuai dengan kaidah persampahan nasional maupun internasional dan program alternatif yang akan dilakukan Kabupaten Bandung direalisasikan dengan baik serta diikuti oleh kabupaten/kota lainnya yang berada di Cekungan Bandung sebagai penuplai timbulan sampah.

EPILOG

Oleh:
Oki Oktariadi



MEMAKNAI KONSEP GEOLOGI LINGKUNGAN

Pada dasarnya buku ini berusaha mengenalkan dan menjelaskan konsep geologi lingkungan secara singkat dan mencoba mengungkapkan peranannya dalam pengembangan wilayah Cekungan Bandung yang tercermin dari berbagai isi bab. Setiap bab mencoba mengungkapkan tematik kegeologian sebagai basis data analisis geologi lingkungan untuk berbagai peruntukan lahan dan penelitian-penelitian terbaru yang dilakukan Badan Geologi berkaitan dengan fenomena geologi Cekungan Bandung.

Geologi Lingkungan dipahami sebagai ilmu geologi yang bersifat terapan dan kehadirannya relatif baru. Geologi dapat diartikan sebagai ilmu kebumihan (*the science of the earth*) yang mempelajari berbagai hal mengenai planet bumi, membahas komposisi, struktur, dan sejarah perkembangan bumi, termasuk bentuk-bentuk kehidupan masa lalu di bumi ini. Karena luasnya bidang-bidang yang dicakup, maka Geologi umumnya dibagi menjadi dua kelompok, yaitu : 1) Geologi Fisik (*Physical Geology*) adalah suatu studi yang mengkhususkan mempelajari sifat-sifat fisik dari bumi; dan 2) Geologi Dinamis (*Dynamic Geology*) adalah bagian dari Ilmu Geologi yang mempelajari dan membahas tentang sifat-sifat dinamika bumi.

Konsep geologi lingkungan mulai diperkenalkan oleh J.E. Hackett pada tahun 1965, terutama ketika bersama Illinois State Geological Survey (ISGS) membentuk program geologi lingkungan. Sedangkan, buku teks pertama yang ditujukan untuk disiplin geologi lingkungan muncul dan diterbitkan pada tahun 1970 oleh PT Flawn berjudul: “*Konservasi, Perencanaan Penggunaan Lahan, dan Pengelolaan sumber daya*”. Flawn pun menulis esay temuan Geologi Lingkungan pada sebuah jurnal ilmiah yang diluncurkan pada tahun 1975 di New York City melalui penerbitan Springer. Sejak itu, ilmu geologi lingkungan terus berkembang dan berbagai pemahaman dan definisi dari berbagai ahli ilmu kebumihan bermunculan, diantaranya dikemukakan oleh Oki Oktariadi, drr., (2000):

“Geologi Lingkungan adalah upaya memanfaatkan lingkungan geologi secara rasional, baik karena sifat alamiahnya maupun karena interaksinya dengan kegiatan manusia. Lingkungan geologi yang dimaksud adalah segenap bagian kulit bumi yang mempengaruhi secara langsung terhadap kondisi dan keberadaan lingkungan hidup (biotik dan abiotik). Batuan, tanah, bentang alam, dan air merupakan faktor lingkungan geologi yang mendukung keberlanjutan manusia untuk mempertahankan hidup. Sedangkan faktor pembatas/kendala seperti gempa bumi, tsunami, letusan gunung api, longsor, likuifaksi, dan sebagainya merupakan faktor lingkungan geologi yang menimbulkan kerentanan bagi keberlangsungan hidup manusia”.

Dari berbagai konsep yang ada berkembang berbagai aneka penyelidikan Geologi Lingkungan untuk berbagai kepentingan peruntukan lahan di antaranya (1) menentukan kelayakan untuk wilayah permukiman/perkotaan; (2) menentukan kelayakan untuk wilayah pedesaan/regional; (3) menentukan kelayakan wilayah

pesisir dan kepulauan; (4) menentukan kelayakan kawasan peruntukan pertambangan (KPP); (5) menentukan kelayakan untuk tempat pengolahan akhir (TPA) sampah; (6) menentukan koefisien dasar bangunan (KDB); (7) menentukan kawasan bentang alam karst (KBAK) sesuai permen ESDM No. 17 Tahun 2012; (8) menentukan kawasan cagar alam geologi (KCAG) sesuai permen ESDM No. 32 Tahun 2016; (9) menentukan kelayakan pemanfaatan KCAG untuk kegiatan Geowisata (tindak lanjut dari point 8; (9) menentukan koefisien dasar bangunan (KDB); (10) Kondisi Geologi Lingkungan untuk Informasi Kesehatan Masyarakat, dan sebagainya.

Peta-peta hasil analisis dan sintesis geologi lingkungan di atas dimaksudkan untuk mendukung rencana tata ruang dan pengelolaan lingkungan berupa peta peringkat keleluasaan/kelayakan/kesesuaian lahan beraspek geologi lingkungan. Kemudian peta kesesuaian lahan ini bersama peta penggunaan lahan eksisting, dan peta pola dan struktur ruang menjadi dasar dalam memberikan arahan atau rekomendasi pemanfaatan ruang beraspek geologi lingkungan dalam revisi RTRW kabupaten/kota. Sedangkan peta geologi lingkungan pada skala rinci (minimal skala 1 : 25.000) dapat dijadikan dasar dalam memberikan rekomendasi pemanfaatan ruang dan pengelolaan lingkungan dalam penyusunan rencana detail tata ruang (RDTR) dan Peraturan Zonasi (PZ). Patut diketahui bahwa Peta RDTR dipetakan dalam skala 1 : 5.000.

MEMAHAMI GEOLOGI LINGKUNGAN CEKUNGAN BANDUNG

Merujuk pada uraian dan penjelasan para peneliti terdahulu tentang Geologi Lingkungan Cekungan Bandung dalam buku ini menunjukkan bahwa komponen-komponen Geologi Lingkungan Cekungan Bandung memiliki daya pikat yang berkaitan dengan sumber daya geologi, bahaya geologi, dan keunikan geologi, diantaranya berupa:

- Kondisi Bandung yang dikelilingi pegunungan, ternyata menyimpan misteri geologi yang harus terus dipelajari agar dalam pengelolaannya tidak merugikan masyarakat yang tinggal di dalamnya. Di bawahnya terdapat banyak potensi yang dapat dimanfaatkan untuk kemaslahatan, seperti kesuburan tanah dan energi geotermal, tetapi juga potensi bencana alam. Pengetahuan mendalam tentang kondisi khas bawah permukaan Cekungan Bandung menjadi sangat penting.
- Cekungan Bandung sudah tergenang jauh sebelum 135.000 tahun lalu. Namun pembentukan danau semakin sempurna karena Sungai Citarum Purba di utara Padalarang tertutup material letusan Gunung Tangkubanparahu 125.000 tahun yang lalu. Penggalan sungai ke arah hilir, kini menjadi Cimeta, sungai kecil dalam lembah besar Citarum Purba. Air sungai Citarum yang terhalang itu meluber, kemudian terperangkap di Cekungan Bandung.
- Sumber daya energi yang bersumber dari fenomena geologi adalah air, panas bumi, dan bahan asal fosil. Di kawasan Bandung, energi air yang sudah dimanfaatkan sebagai pusat listrik tenaga air adalah seluruh aliran air dari daerah aliran Sungai

Citarum, yang ditampung di dalam Waduk Saguling, sehingga pusat listrik tenaga air itu disebut PLTA Saguling. Selain itu di hulu sungai banyak dijumpai air terjun dan aliran sungai sepanjang tahun yang sudah digunakan sebagai pembangkit tenaga listrik mikrohidro, namun belum dimanfaatkan secara optimum.

- Dengan banyaknya gunungapi di wilayah Dataran Tinggi Bandung, maka secara kualitatif sumber daya energy panas bumi dapat dikatakan sangat melimpah. Pusat listrik tenaga panas bumi yang sudah mulai dikembangkan antara lain: lapangan panas bumi Kamojang, Drajat, dan Wayang-Windu di kawasan Bandung Selatan. Masing-masing lapangan panas bumi tersebut sudah menghasilkan energi sebesar 150 megawat, 140 megawat, dan 110 megawat, dengan masa operasi paling tidak selama 30 tahun.
- Di Wilayah Cekungan Bandung banyak turun hujan, sehingga tanah hasil pelapukan batuan gunungapi mudah terbentuk dan umumnya subur. Sehingga tanaman pertanian, perkebunan, dan hutan selalu tumbuh dengan baik. Di Bandung Utara, tepatnya di daerah Lembang, tanah yang subur itu dikenal dengan sebutan Tanah Lembang yang sudah lama diperjualbelikan untuk menambah kesuburan tanah pertanian rakyat maupun wirausaha tanaman hias. Tanah Lembang ini sebenarnya berasal dari pelapukan endapan piroklastika Gunung Tangkubanparahu. Pada bagian atas lapisan tefra itu terdapat tumbuh-tumbuhan yang telah mati dan menjadi humus atau karbon akibat tertimbun oleh endapan piroklastika yang lebih muda. Secara spesifik Tanah Lembang ini merupakan paleosol yang terbentuk di lingkungan darat kering ketika Gunung Tangkubanparahu sedang tidak meletus (aktif).
- Sumber daya lahan di Cekungan Bandung dan sekitarnya sudah kita nikmati bersama selama ini, antara lain dalam bentuk pemukiman, prasarana transportasi, industri, pertanian, perkebunan, dan pariwisata. Dengan semakin berkembangnya kegiatan manusia di daerah Cekungan Bandung dan sekitarnya, maka kebutuhan sumber daya lahan juga terus bertambah dan semakin padat cenderung melampaui daya dukung lingkungannya. Untuk itu, karena seluas apapun lahan tetap terbatas, maka pengaturan lahan dalam bentuk tata ruang dan pengelolaan lingkungan sangat disarankan agar lingkungan hidup di kawasan ini tetap aman, nyaman dan berkelanjutan.

Di balik pesona dan keunikan fenomena geologi seperti dijelaskan di atas, terdapat kendala geologi dalam pembangunan berupa ancaman bahaya geologi dan kerusakan lingkungan akibat penggunaan lahan oleh manusia. Oleh karena itu, diperlukan manajemen ancaman bahaya geologi dapat dipandang sebagai bagian dari upaya untuk mengurangi dampak negatif apabila bahaya geologi itu benar-benar terjadi (mitigasi bencana) dan merencanakan bagaimana menanggapi bencana geologi bila terjadi (*preparadness*). Langkah awal untuk melaksanakan manajemen tersebut adalah melakukan penyeklidikan geologi lingkungan yang mensintesis faktor sumber daya geologi dan bahaya geologi

Aspek sumber daya geologi sebagai pendukung pembangunan mencakup keberadaan air tanah, bentuk morfologi, serta daya dukung tanah/ batuan untuk pondasi bangunan. Sedangkan geologi sebagai kendala pembangunan terkait dengan

bahaya geologi seperti gempa bumi, tsunami, likuifaksi, gerakan tanah, dan gunung api. Sedangkan, bahaya geologi hakekatnya adalah proses geologi yang mengancam keselamatan harta dan atau jiwa manusia. Keberadaan ancaman bahaya geologi di suatu kawasan berkaitan dengan kondisi geologi di kawasan itu.

Kedua faktor penentu geologi lingkungan disajikan secara menyeluruh agar para perencana dalam penataan ruang dan pengelolaan lingkungan serta pengambil kebijakan, baik di tingkat pusat maupun di tingkat daerah dapat memahami gambaran fisik dasar wilayahnya sebagai dasar dalam melakukan analisis dan sintesis geologi lingkungan sehingga tujuan untuk mengendalikan ancaman bahaya geologi dan menyelesaikan masalah lingkungan beraspek geologi dapat dicapai, sehingga ketahanan dan keamanan wilayah dapat terwujud secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H.Z., Andreas, H., Gamal, M., Wirakusumah, A.D., Darmawan, D., Deguchi, T., dan Maruyama, Y., 2008. Land subsidence characteristics of the Bandung Basin, Indonesia, as estimated from GPS and InSAR. *Journal of Applied Geodesy*, 2, h.167-177.
- Abrenica, Angelina B., Agung Harijoko, Yudi Indra K., and Ian Bogie, 2010. Characterization of Hydrothermal Alteration in Part of the Northern Vapour-Dominated Reservoir of the Wayang Windu Geothermal Field, West Java. *Proceeding Geothermal Congress, Bali-Indonesia*.
- Adrin Tohari, Arifan Jaya Syahbana, dan Anggun Mayang Sari, 2016. Ketebalan Lapisan Lunak Di Wilayah Cekungan Bandung Berdasarkan Metode Mikrotremor. *Conference: Geotek Expo Puslit Geoteknologi LIPI, Desember 2016* At: Bandung, Jawa Barat.
- Adharani, Y., & Nurzaman, R. A., 2017. Fungsi perizinan dalam pengendalian pemanfaatan ruang di Kawasan Bandung Utara dalam kerangka pembangunan berkelanjutan. *Bina Hukum Lingkungan*, 2(1), 1-13. doi:10.24970/jbhl.v2n1.1.
- Afandi, M. N., 2014. Implementasi kebijakan pembangunan di Kawasan Bandung Utara dalam perspektif pembangunan berwawasan lingkungan. *Jurnal Ilmu Administrasi*, 11(2), 225-244
- Ahmad Egi Pratama Hanif, Ari Virdiansyah Putra, Faisal Helmi, dan Sapari Dwi Hadian, 2016. Studi Daerah Resapan Dan Desain Artificial Recharge Daerah Jatininggor, Kabupaten Sumedang, Provinsi Jawa Barat. *Seminar Nasional ke-II FTG Universitas Padjadjaran*.
- Alamta Singarimbun, Cyrke Adfie Netty Bujung, dan Riva Choerul Fatihin, 2013. Penentuan Struktur Bawah Permukaan Area Panas Bumi Patuha dengan Menggunakan Metoda Magnetik. *Jurnal Matematika & Sains*, Agustus 2013, Vol. 18 Nomor 2
- Alexander, D. E., and R. W. Fairbridge, eds, 1999. *Environmental geology. Encyclopedia of Environmental Science. The Netherlands: Springer*.
- Alhamid I., 1989. *The Resources Potential of the G. Patuha Geothermal Area, West Java, Proceedings Indonesian Petroleum Association*. 89-14 01.
- Ali Ashat, Heru Berian Pratama, Ryuichi Itoi, 2018. *Updating conceptual model of Ciwidey-Patuha geothermal using dynamic numerical model*. 7th ITB International Geothermal Workshop (IGW2018).
- Alzwar, M., Akbar, N., dan Bachri, S., 1992. Peta Geologi Lembar Garut dan Pameungpeuk, Jawa Barat, skala 1:100.000. *Puslitbang Geologi, Bandung*
- Amelia Y., 2014. *Studi Pola Aliran Fluida Sistem Panas Bumi Patuha Thesis Program Magister ITB Press*.

- Anonim, 2003. SK SNI T-11-1991-03 tentang Damanhuri, Enri dan Damanhuri, Tripadmi, 2010. Diktat Kuliah Pengelolaan Sampah. Institut Teknologi Bandung.
- Ashat A and Pratama H.B., 2017. *Application of experimental design in geothermal resources assessment of Ciwidey-Patuha, West Java, Indonesia*. IOP Conf. Series. Earth and Environmental Science 103 012009.
- Arman Manalu, 2019. Pengembangan Kota Bandung Berbasis Mitigasi Bencana Bandung City Development Based On Disaster Mitigation. Seminar Nasional Infrastruktur Berkelanjutan Era Revolusi Industri 4.0 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITN Malang.
- Athaya Dhiya Zafira, dan I Made Wahyu Widyarsana, 2016. Pengembangan Pra Rancang Landfill Dari Residu Sampah Intermediate Treatment Facility (Itf) Di Tppas Regional Legok Nangka, Kecamatan Nagreg, Kabupaten Bandung.
- Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Prov. Jawa Barat, 2013. Penyelidikan Daya Dukung dan Daya Tampung Lingkungan Kawasan Bandung Utara.
- Bogie, I. dan Mackenzie, K. M., 1998. *The application of a volcanic facies models to an andesitic stratovolcano hosted geothermal system at Wayang Windu, Java, Indonesia*. Proceedings, 20th NZ Geothermal Workshop, h.265-270.
- Bogie, Ian, Yudi Indra K. and Merry C. Wisnandary, 2008. *Overview of the Wayang Windu geothermal field, West Java, Indonesia, Jurnal Elsevier Geothermics*, 37: 347-365.
- Bakosurtanal, 2007. Peta Provinsi Jawa Barat skala 1:1.000.000. Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional: Bogor.
- Bambang Sunarwan, Netty Kamal, Mustafa Luthfi, 2015. Identifikasi Parameter Fisika Dan Kimia Airtanah Pada Akifer Endapan Produk Gunung Api (Studi kasus: Cekungan Airtanah Bandung). Jurnal teknik, Volume 16, No.1, 2015.
- Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Prov. Jawa Barat, 2013. Penyelidikan Daya Dukung dan Daya Tampung Lingkungan Kawasan Bandung Utara.
- Bandung Pakar, PT., 1995. Studi Analisis Dampak Lingkungan pembangunan Resort Dago Pakar, Kab. Bandung.
- Bedient, P.B., 2013. Hydrology and Floodplain Analysis: International Edition, USA: Addison-Wesley.
- Bedient, P.B., Rifai, H.S., Newell, C.J., 1999. Groundwater Contaminant Transport and Remediation 2nd Ed., USA: Prentice Hall, Inc.
- Bemmelen, van, 1934. Erupsi G. Tangkubanperahu dan Geologi Regional daerah Bandung Lembar Bandung, skala 1 : 100.000.
- Bemmelen, R.W., 1949. The Geology of Indonesia, Vol. I A. The Hague Martinus Nijhoff.
- BMKG, 2018. Peta perkiraan daerah potensi banjir di Jawa Barat. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.
- Boonstra J. and De Ridder, N.A., 1981. Numerical Modelling of Groundwater Basin-User Oriented Manual. Wageningen: International Institute for Land Reclamation and Improvement/I LRI.

- Bombom R. Suganda, T. Yan W.M. Iskandarsyah, dan M. Sapari Dwi Hadian, 2012. Prediksi Arah Pencemaran Airtanah akibat Tempat Pembuangan Sampah Akhir di Daerah Sarimukti dan Sekitarnya Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat. *Bulletin of Scientific Contribution*, Volume 10, Nomor 1, April 2012: 31-41.
- Brahmantyo, B., 2005. *Geologi Cekungan Bandung*. Bandung: Penerbit Institut Teknologi Bandung (tidak dipublikasikan).
- Brahmantyo, 2004. *Mencari Delineasi Geomorfologi Cekungan Bandung*. Departemen Pekerjaan Umum: Jakarta
- Bronto, S. dan Hartono, U., 2006. Potensi sumber daya geologi di daerah Cekungan Bandung dan sekitarnya. *Jurnal Geologi Indonesia*, 1, h.9-18.
- Bridge, J., Demicco, R., 2008. *Earth surface processes, landforms and sediment deposits*, New York: Cambridge University Press.
- Chen, A., Lu, Y., Ng, C.Y., 2015. *The Principles Of Geotourism*, Australia: Springer.
- Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, L.W., 2013. *Applied Hydrology, USA*: McGraw Hill.
- Cyrke A.N. Bujung., Singarimbun, D. Muslim, F. Hirnawan, dan A. Sudradjat, 2010. Karakteristik Spektral Permukaan Daerah Panas Bumi. *Prosiding Seminar Nasional Fisika ITB Bandung 11-12 Mei*. ISBN. 978-979-98010-6-7. pp.10-17.
- Cyrke A.N. Bujung., Singarimbun, A., Muslim, D., Hirnawan, F., dan Sudradjat A., 2010. Delineasi Reservoir Panas bumi Berdasarkan Litologi, Alterasi Hidrotermal, dan Profil Temperatur, *Bulletin of Scientific Contribution*. Vol.9 No.1. Edisi April 2011 (dalam proses penerbitan)
- Cyrke A.N. Bujung, Alamta Singarimbun, Dicky Muslim, Febri Hirnawan, dan Adjat Sudradjat, 2011. Identifikasi prospek panas bumi berdasarkan Fault and Fracture Density (FFD): Studi kasus Gunung Patuha, Jawa Barat. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, Vol. 2 No. 1 April 2011 2011: 67-75.
- Dam Utamasakti, PT., 2005, *Penyelidikan Geologi Lingkungan untuk menunjang pembangunan Permukiman Teroadu Punclut*.
- Dam M. A. C.. 1994. *The Late Quaternary Evolution of the Bandung Basin, West Java, Indonesia*. Thesis, Vrije Universiteit Amsterdam.
- Damanhuri, Enri dan Damanhuri, Tri padmi, 2016. *Pengelolaan Sampah Terpadu*. Institut Teknologi Bandung : Bandung.
- Damanhuri, Enri., Damanhuri, Tri padmi, 2004. *Pengelolaan Sampah*. Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung.
- Dasapta Erwin Irawan, Budi Brahmantyo, 2011. *Hidrogeologi Kawasan Bandung Utara*. Bahan presentasi yang disampaikan di: Ruang Rapat Bidang PPE, Bappeda Provinsi Jawa Barat 25 Mei 2011
- Dasapta Erwin Irawan, 2016. *Kondisi air tanah Kota Bandung: emas terpendam Pembinaan terhadap pengguna air tanah di Kota Bandung pasca terbitnya UU 23/2014*. Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung Bekerjasama dengan Badan Pengelola Lingkungan Hidup Kota Bandung Hotel

- Savoy Homann, 19 Mei 2016.
- Das, Braja M., 2002. Principles of Geotechnical Engineering 5th Edition. PWS Publishing, Pacific Grove
- Departemen PU., 2013. Materi Bidang Sampah, Diseminasi dan Sosialisasi Keteknikan-Bidang PLP, Direktorat PLP-Direktorat Jendral Cipta Karya.
- Dian Diana dan Gurniwan Kamil Pasha, 2015. Pelestarian dan Peran Masyarakat di Kawasan Sekitar Situ Cisanti. Jurnal Pendidikan Sains Sosial dan Kemanusiaan, 8(2) November 2015.
- Distamben Jabar-LPPM ITB, 2002. Penyusunan Rencana Induk Pendayagunaan Air Bawah Tanah di Cekungan Bandung dan Bogor. Laporan Akhir, Distamben Jabar, tidak dipublikasikan, 88h.
- Distamben Jabar – LPPM ITB, 2006. Evaluasi Pendayagunaan Airtanah di Cekungan Airtanah Bandung – Soreang dan Cekungan Airtanah Bogor. Laporan Akhir, Distamben Jabar, tidak dipublikasikan, 60h.
- DTLGKP, 2001. Cekungan Air Bawah Tanah di Jawa Barat. DTLGKP-Bandung.
- DTLGKP dan Distamben Jabar, 2004. Pemantauan Kondisi Air Bawah Tanah Cekungan Bandung–Soreang, Bogor, dan Bekasi – Karawang Tahun 2004. Laporan Akhir, Distamben Jabar, tidak dipublikasikan, 189h.
- Dit. GTL, 1995. Ppenyelidikan Geologi Lingkungan untuk menunjang pembangunan perumahan *Citra Griya Perdana* di daerah Bojongkoneng Kec. Cimenyan, Kab. Bandung.
- Dit. GTL, 1995. Ppenyelidikan Geologi Lingkungan untuk menunjang pembangunan perumahan *Citra Griya Perdana* di daerah Bojongkoneng Kec. Cimenyan, Kab. Bandung.
- Direktorat Jenderal Pengairan, 1980. Peta Resiko Gempa Untuk Bangunan Air di Indonesia. Departemen Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jenderal Pengairan, 1980. Peta Resiko Gempa Untuk Bangunan Air di Indonesia. Departemen Pekerjaan Umum.
- Edi Hidayat. 2015. Analisis Morfotektonik Sesar Lembang, Jawa Barat. Balai Informasi dan Konservasi Kebumian LIPI, Karangasambung Jln. Karangasambung Km. 19, Kebumen, Jawa Tengah
- Endarwin, drr., 2013. Penentuan Nilai Ambang variability index (VI) serta nilai Intensitas Curah Hujan Optimal dalam Melakukan Estimasi Curah Hujan di Indonesia Menggunakn Metode Connective Stratiform Technique Hasil Modifikasi (CSTm). Jurnal Meteorologi dan Geofisika Vol. 14 No. 1 Tahun 2013:19-24.
- Errami, E., Brocx, M., Semeniuk, V., 2015. *From Geoheritage to Geoparks, Australia: Springer.*
- Fadjarajani, S. (2008). Dinamika masyarakat dan konversi lahan pertanian serta pengaruhnya terhadap pengetahuan tentang lingkungan di Kawasan Bandung Utara. Majalah Geografi Indonesia, 22(2), 102– 123. doi:10.22146/mgi.13319.

- Fahlevi I., 2009. Penentuan Daerah Resapan Lapangan Panas Bumi Patuha Thesis of Geology Engineering ITB Press
- Fetter, C.W., 2001. *Applied Hydrogeology Fourth Edition*. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Firdaus F Sutopo Pratama H.B., 2016. *The Natural State Numerical Model of Patuha Geothermal Reservoir, Indonesia*. (Jakarta: Proceedings 4 th Indonesia International Geothermal Convention & Exhibition. Jakarta, Indonesia).
- Foley, D., Mckenzie, G.D, Utgard, R.O, 2009. *Investigations in Environmental Geology*, USA: Pearson Prentice Hall.
- Hafiz Hamdalah, 2017. Metode Mt, Csamt, Dan Tdem Terintegrasi Untuk Mendesain Model Konseptual Panas Bumi Lapangan Wayang Windu Jawa Barat. *Jurnal Mineral Energi, dan Lingkungan*, Volume 1 Nomor 2, 2017.
- Hackett, James E., and George M. Hughes, 1965. *Controlled drilling program in northeastern Illinois*: Illinois State Geological Survey Environmental Geology Notes 1, 5 p.
- Hackett, James E., 1967. *Geology and physical planning, in Water geology and the future, Conference sponsored by Water Resources*. Research Center: Indiana University, Bloomington, Indiana, April 26-27, 1967, p. 82-90.
- Hackett, James E., and Murray McComas, 1969. *Geology for planning in McHenry County*: Illinois State Geological Survey Circular 438, 31 p.
- Hamilton, W., 1979. *Tectonic of the Indonesia Region*, Washington: Geology Survey Professional Paper 1078.
- Hall, R., Cottam, M.A., Wilson, M.E.J., 2011. *The SE Asian Gateway: History and Tectonics of Australia- Asia Collision*, UK: Geological Society of London.
- Harnandi, D., Iskandar, N., dan Nuzulliyantoro, A.T., 2006. Pengelolaan airtanah Cekungan Airtanah Bandung. *Buletin Geologi Tata Lingkungan*, h.1-6.
- Hencher, S., 2012. *Practical Engineering Geology*, New York: Spon Press.
- Hernawan, E., Kartodiharjo, H., Darusman, D., & Soedomo, S., 2009. Insentif ekonomi dalam penggunaan lahan (land use) Kawasan Lindung di Kawasan Bandung Utara (incentive of economy for land use in the North Bandung Area). *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 15(2), 45-53. doi:10.7226/jmht.15.2.
- Hendarmawan, H. Kumai, 2002. Unconfined Aquifer System of Volcanics in the Northern Part of Bandung Basin, West Java, Indonesia.
- Hendarmawan, Mitamura, Kumai, 2005. *Water Temperatur and Electrical Conductivity of Springs on The Volcanic Slope in A Tropical Region: A Case Study on Lembang Area, West Java, Indonesia*.
- Hochstein, M.P., Browne, P.R.L., 2000. *Surface Manifestations of Geothermal Systems with Volcanic Heat Sources*, in Sigurdsson, H., *Encyclopedia of Volcanoes*, New York: Academic Press.
- Hoek, E.K., and Bray. J.W., 1981, *Rock Slope Engineering*, Institute Of Mineral and Metallurgy, London.

- Hose, T.A., 2010. *Geoheritage and Geotourism*, Australia: Newcastle University.
- HR Mulyanto, Nunus Ario Parikesit, dan Hariyono Utomo. 2012. *Petunjuk Tindakan dan Sistem Mitigasi Banjir Bandang*. Direktorat Sungai dan Pantai, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementrian Pekerjaan Umum.
- Hunt, Cathy S., and John P. Kempton, 1977. *Geology for planning in De Witt County: Illinois State Geological Survey Environmental Geology Notes 83*, 42
- Hutasoit, L.M. dan Ramdhan, A.M., 2006. *Recharge Area and the Origin of Brackish Water in East Bandung: Result of Exploration Well*. Proceedings of International Symposium on Mineral Exploration (ISME) IX, Bandung.
- Hutasoit, 2009. *Kondisi Permukaan Air Tanah Dengan Dan Tanpa Peresapan Buatan Di Daerah Bandung: Hasil Simulasi Numerik*. Jurnal Geologi Indonesia: Bandung
- Goff, F., Janik, C.J., 2000. *Geothermal Systems*, in Sigurdsson, H., *Encyclopedia of Volcanoes*, New York: Academic Press.
- Indah Andini, 2020. *Tebing Kraton Bandung Utara*. Kewllogs NYC.
- Intra Ciptamandiri, PT., 2009 *Penyelidikan Geologi Lingkungan untuk mendukung Proyek Pembangunan Perumahan, Hotel Resort dan Wellness Spa Ciharalang Hills yang berlokasi di Blok Ciharalang – Cimenyan, Desa Mekarsaluyu dan Desa Cimenyan Kecamatan Cimenyan Kabupaten Bandung*.
- Irawan, E., Puradimaja, D.J., Yuwono, Y.S., dan Syaifullah, T.A.*, 2000. *Pemetaan Endapan Bahan Vulkanik Dalam Upaya Identifikasi Akifer pada Sistem Gunungapi, Studi Kasus Daerah Pasirjambu Situwangi Soreang, Kabupaten Bandung, Jawa Barat*. Buletin Geologi, Vol.3, Tahun 2000.
- Johnson, A.I., 1963. *A Field Method for measurement of Infiltration -General Groundwater Techniques*. Geological Water-Supply Paper 1544-F USGS. Washington : United States Government Printing Office.
- Joandry Sandy, Agus Harjanto, dan Bambang prastistho, 2015. *Geologi dan Studi Alterasi Hidrotermal Lapangan Ponushunti Durujut, Desa Mekarjal,a, Kecamatan Cisarupan, Kabupaten Garu!, Jawa Barat*. Jurnal Ilmiah Geologi Pangea No. 1, Juni 2015, hal 8-18.
- Keary, P., Vine, F.J., 2009. *Global Tectonics*; 3rd ed., USA: WileyBlackwell Scientific Pub.
- Keller, E.A., 2012. *Introduction to Environmental Geology*, 5th ed. Prentice Hall Upper Saddle River, NJ. 705p.
- Keller, E.A., 2012. *Environmental Geology*, 9th Edition, Upper Saddle River, New Jersey, Prentice Hall.
- Keller, E.A. and DeVecchio, D.E., 2013. *Tectonic Geomorphology of Active Folding and Development of Transverse Drainages*. In: John F. Shroder (ed.) *Treatise on Geomorphology*, Volume 5 pp. 129-147. San Diego: Academic Press.
- Kempton, John P., Jean E. Bogner, and Keros Cartwright, 1977. *Geology for planning in northeastern Illinois*, VIII. Regional summary: Illinois State Geological Survey unpublished open file report prepared for Northeastern Illinois Planning

Commission, 71p

- Kempton, John P., 1981. Environmental Geology Note 100: Three-dimensional geologic mapping for environmental studies in Illinois. Illinois Department of Energy and Natural Resources Illinois State Geological Survey. Digitized by the Internet Archive in 2012 with funding from University of Illinois Urbana-Champaign
- Kertapati E., 2006. Aktivitas Gempabumi di Indonesia (Perspektif Regional pada Karakteristik Gempabumi Merusak). Bandung: Pusat Survei Geologi, Badan Geologi.
- Khadiyanto, P., 2005. Tata Ruang Berbasis pada Kesesuaian Lahan. Badan Penerbit UNDIP: Semarang.
- Khori Sugianti, Dedi Mulyadi, dan Rizka Maria, 2016. Analisis Kerentanan Pencemaran Air Tanah Dengan Pendekatan Metode Drastic Di Bandung Selatan. Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi, Vol. 7 No. 1, April 2016: 19 – 33.
- Knödel, K., Lange, G., Voigt, H., 2007, Environmental Geology: Handbook of Field Methods and Case Studies, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Koesomadinata, R.P. dan Hrtono, D., 1981. Stratigrafi dan Sedimentasi daerah Bandung. Ikatan Ahli Geologi Indonesia. Bandung. 23pp.
- Kresic, Neven. 2009. *Groundwater Resources-Sustainability, Management and Restoration*. New York: The McGraw Hill Companies, Inc. Mardiana.
- Kusumadinata, K. (ed)., 1979. Data Dasar Gunungapi Indonesia, Bandung: Departemen Pertambangan dan Energi.
- Layman, E.B. and Soemarinda S., 2003. *The Patuha Vapour-Dominated Resource West Java, Indonesia*. PROCEEDINGS, Twenty-Eighth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, January 27-29, 2003. SGP-TR-173.
- Larsen, Jean I., and James E. Hackett, 1965. *Activities in environmental geology in northeastern Illinois*: Illinois State Geological Survey Environmental Geology Notes 3, 5 p.
- Marks, 1959. *Stratigraphic Lexicon of Indonesia*.
- Maria, R., & Lestiana, H., 2014. Pengaruh penggunaan lahan terhadap fungsi konservasi air tanah di Sub Das Cikapundung. Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan, 24(2), 77–89. doi:10.14203/risetgeotam2014.v24.85.
- Marselina, M., Jatikusuma, I., & Sabar, A., 2020. The conservation index as a control instrument of space utilisation in the Upper Cikapundung Watershed of Indonesia. International Journal of Hydrology Science and Technology, 10(2), 148–166. doi:10.1504/IJHST.2020.106508.
- Marjiyono, A. Soehaimi, dan Kamawan, 2008. Identifikasi Sesar Aktif Daerah Cekungan Bandung dengan Data Citra Landsat dan Kegempaan. Jurnal Sumber Daya Geologi, XVIII(2): 65–132.
- Martodjojo, S., 1984. Evolusi Cekungan Bogor, Jawa Barat. Disertasi. Institut Teknologi

Bandung: Bandung.

- Masri, R.M., 2012. Analisis Keruangan Kesesuaian Lahan untuk Pemukiman di Kabupaten Bandung dan Bandung Barat. *Forum Geografi*, Vol.26, No.2, Hal.190 – 201.
- Masri, R. M., & Purwaamijaya, I. M., 2011. Analisis dampak lingkungan untuk pembangunan perumahan di Kawasan Bandung Utara berbasis model sistem dinamis. *Jurnal Permukiman*, 6(3), 147–153. doi:10.31815/jp.2011.6.147-153.
- Mazor, E., 2004. *Chemical and Isotopic Groundwater Hydrology*, New York: Marcel Dekker, Inc.
- Memed, M.W., 2012. Pola aliran air tanah di daerah panasbumi Gunung Patuha. Desertasi, UNPAD (tidak dipublikasikan).
- Miller, G.T., 2006. *Environmental Science: Working with the Earth* 11th Ed, USA: Thomson Brooks.
- Moduto, 1998. *Drainase Perkotaan Volume 1*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama Nabilah, A. Qinthari, 2016. Studi Pemilihan Alternatif Teknologi Pengolahan Sampah Kawasan Regional (Studi Kasus: TPA Legok Nangka), Tugas Akhir pada jurusan Teknik Lingkungan ITB.
- Montgomery, C.W., 2013. *Environmental Geology*, USA: McGrawHill.
- Muhamad Rizal Hidayat, Undang Mardiana, Bombom R. Suganda, M. Sapari Dwi Hadian, 2017. Geometri Akifer Daerah Bandung Dan Sekitarnya, Provinsi Jawa Barat. *Padjadjaran Geociences Journal*. Volumen 1, Nomor 1, 2017.
- Munib Ikhwatun Iman dan D Erwin Irawan, 2008. Identifikasi Sumber dan Pola Aliran Endapan Gunung Api untuk Penafsiran Sistem Hidrogeologi di Daerah Cikalong Wetan dan Sekitarnya, Kab. Bandung, Jawa Barat *Jurnal Geoaplika* (2008) Volume 3, Nomor 1, hal. 037 – 046
- Nichols, D.R. dan Edmundson., 1975. *Text to Slope Map of Part of West Central King Country*. United States Geological Survey Miscellaneous Geologic Investigations Map, I – 825 – E.
- Nossin, J. J., Voskuil, R. P. G. A., Dam, R. M. C., 1996. *Geomorphological Development of the Sunda Volcanic Complex, West Java*, Indonesia. *ITC Journal*, 157–165.
- Nurrachman, M. H. Z., Sumardi, I., & Lastini, T., 2018. *Land cover and groundwater recharge changes study using conservation index in the Highland Ciburial Village*, Bandung Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 166, 1–6. doi:10.1088/1755-1315/166/1/012036.
- Nurrochman, E., Joy, B., & Asdak, C., 2018. Kajian sistem hidrologi akibat perubahan tataguna lahan di Kawasan Bandung Utara (studi kasus Kabupaten Bandung Barat). *Envirosan*, 1(1), 25–30.
- Oldroyd, D., 2000. *James Hutton's Theory of the Earth*, Classic papers in the History of Geology: Episodes vol. 23, no. 3.
- Oktariadi, O dan Suhendar, R. 2018. Warisan Geologi Nusantara “Potensi sebagai Kawasan Cagar Alam Geologi”. Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber

Daya Mineral.

- Oktariadi, O dan Andiani, 2021. Geowisata “Model Pariwisata Berkelanjutan”. Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Park, R.G., 2013. *Geological Structures and Moving Plates, USA*: Springer Science and Business.
- Pradipta R.A., 2016. Penentuan Zona Permeabilitas Menggunakan Citra ALOS Palsar, Pemetaan Geologi, dan Geokimia Tanah dan Udara Tanah (Hg-CO₂), Studi Kasus Lapangan Panasbumi Ciwidey, Kabupaten Bandung Thesis Program Magister ITB Press.
- Purwantoro, T., Rachman, A., dan Silaban M., 2010. Potensi dan Rencana Pengembangan Lapangan Panas Bumi Patuha Jawa Barat, Proceeding PIT IAGI Lombok, The 39th IAGI Annual Convention and Exhibition
- Putri, N. P., & Purwadio, H. (2013). Arah pengendalian alih fungsi daerah resapan air menjadi lahan terbangun di Kecamatan Lembang, Bandung. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1), 1–6.
- Priowirjanto, G., Marsudi, 1995. Fluktuasi Muka Airtanah Cekungan Bandung. Prosiding Seminar Sehari Airtanah Cekungan, Bandung.
- Puradimaja, Deny Juanda, 2004. Diktat Kuliah Hidrogeologi Umum. Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral, ITB, Bandung.
- Puradimaja, Deny Juanda, 2006. Hidrogeologi Kawasan Gunung Api dan Karst di Indonesia. Bandung: Balai Pertemuan Ilmiah ITB.
- Putraarta Samodro, Mudiwati Rahmatunnisa, dan Cipta Endyana, 2020. Kajian Daya Dukung Lingkungan dalam Pemanfaatan Ruang di Kawasan Bandung Utara. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan* P-ISSN: 2338-1604 dan E-ISSN: 2407-8751 Volume 8 Nomor 3, Desember 2020, 214-229
- PVMBG., 2008a. Peta Kerentanan Gerakan Tanah Kabupaten Bandung Barat.
- PVMBG., 2008b. Peta Rawan Bencana Gunung Api Tangkuban Perahu.
- Republik Indonesia, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Sub Direktorat Persampahan, 2013. Lampiran III Persyaratan Teknis Penyedia Pengoperasian, Penutupan Atau Rehabilitasi TPA Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 3 Tahun 2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga. Jakarta.
- Riyadi D., Rustam, Daryanto A., Gunawan G., 2010. Penyelidikan Geologi Lingkungan di sebagian Kawasan Resapan Bandung Utara, Pusat Sumber Daya Air Tanah dan Geologi Lingkungan, Badan Geologi KESDM.
- Rismana, G. A., & Firmansyah, F., 2011. Evaluasi pemanfaatan ruang berdasarkan indeks konservasi di Sub DAS Cikapundung Hulu Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, 2(1), 49–66. doi:10.34126/jlbg.v2i1.16.

- Sagita, N. I., 2016. Strategi gerakan kelompok kepentingan dalam pengawasan pengendalian pemanfaatan ruang Kawasan Bandung Utara. *Jurnal Wacana Politik*, 1(2), 96–106. doi:10.24198/jwp.v1i2.11051.
- Saputra, Muhammad M., 2013. Zona Akuifer Airtanah di Kawasan Kampus Universitas Padjadjaran Jatinangor dan Sekitarnya Berdasarkan Nilai Tahanan Jenis Batuan, Skripsi tidak dipublikasikan. Jatinangor, Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran.
- Setiawan Taat, 2012. Aplikasi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografi (SIG) untuk menentukan Zona Potensi Resapan Air Tanah (studi kasus daerah Tulehu, Ambon), Oral presentation, Pusat Lingkungan Geologi, Badan Geologi KESDM.
- Sen, Z., 2015. *Practical and Applied Hydrogeology*, Turkey: ITU Hydraulics Lab. Maslak.
- Soeyono dan Hadisantono, 1988. Pemetaan Geologi Gunung Tangkubanparahu dan Sekitarnya, Direktorat Vulkanologi Dirjen Geologi dan Sumber Daya Mineral Departemen Pertambangan dan Energi.
- Soetrisno, 1985. Peta Hidrogeologi Indonesia, Lembar Cirebon (Jawa), Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Bandung.
- Silitonga, P., 1973. Peta Geologi Lembar Bandung, Jawa, Skala 1:100.000.
- Silitonga, P. H., 2003. Peta Geologi Lembar Bandung, Jawa, Skala 1:100.000. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Soeyono dan Hadisantono, 1988. Pemetaan Geologi Gunung Tangkubanparahu dan Sekitarnya, Direktorat Vulkanologi Dirjen Geologi dan Sumber Daya Mineral Departemen Pertambangan dan Energi
- Soetrisno, 1985. Peta Hidrogeologi Indonesia, Lembar Cirebon (Jawa), Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Bandung.
- Silitonga, P.H., 1973. Peta Geologi Lembar Bandung Skala 1 : 100.000, Direktorat Geologi.
- Schotanus M., 2013. *The Patuha geothermal system: a numerical model of a vapor-dominated system*. Master Thesis Universiteit Utrecht.
- Silitonga, PH., 1973. Peta Geologi Lembar Bandung, Djawa -Skala 1 : 100.000. Bandung: Direktorat Geologi.
- Soengkono, Supri, 2000. *Assessment Of Faults And Fractures At The Mokai Geothermal Field, Taupo Volcanic Zone, New Zealand*. Proceedings World geothermal Congress 2000, Kyushu;page 1771-1776.
- Soengkono, S., 1999. *The Kopia geothermal system (New Zealand) –The relationship between its structure and extent*. Geothermics, Vol. 28, no. 6, pp. 767-784.
- Soeria-Atmadja, R., Maury, R. C., Belon, H., Pringgoprawiro, H., Polve, M., dan Priadi, B., 1994. *Tertiary magmatic belts in Java*. *Journal of South East Asian Earth Science*, 9, h.13-27.
- Sri Rejeki, Dave Rohrs, Gregg Nordquist, dan Agus Fitriyanto, 2010. *Geologic Conceptual Model Update of the Darajat Geothermal Field, Indonesia*. Proceedings World Geothermal Congress 2010 Bali, Indonesia, 25-29 April 2010.

- Strahler, A., 1998. *Plate Tectonics*, USA: Geo-Books Publishing.
- Sujatmiko, 1972. Peta Geologi Lembar Cianjur, Jawa, skala 1:100.000. Direktorat Geologi, Bandung.
- Sunardi, E., Koesoemadinata, R.P., 1997. *Magnetostratigraphy of Volcanic Rocks in Bandung Area*. Kumpulan Makalah PIT IAGI 1997. Jakarta.
- Sunardi, E. dan Koesoemadinata, R.P., 1999. *New K-Ar Ages and The Magmatic Evolution of The Sunda-Tangkuban Perahu Volcano Complex Formations, West Java, Indonesia*. Proceedings of the 28th Annual Convention IAGI, Jakarta, 30 Nov. – 1 Des., 1999, h.63-71.
- Sudarman, S., R. Pujiyanto dan B. Budiarjo, 1986. The Gunung Wayang Windu Area in West Java, Proceeding Indonesia Petroleum Association.
- Suswati, A.R., Mulyana, Nia, H., dan Sutawidjaya I.S., 2000. Laporan Pemetaan Geologi Komplek Gunung api, Kabupaten Bandung, Jawa Barat, Subdit pemetaan gunung api, Direktorat Vulkanologi.
- Sutikno Bronto, Achnan Koswara, Dan Kaspar Lumbanbatu, 2006. Stratigrafi gunung api daerah Bandung Selatan, Jawa Barat. Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 1 No. 2 Juni 2006: 89-101.
- Sutrisna, N., Sitorus, S. R., & Subagyo, K., 2010. Tingkat kerusakan tanah di Hulu Sub DAS Cikapundung Kawasan Bandung Utara. Jurnal Tanah dan Iklim, 32, 71–82.
- Taylor, D.W., 1959. *Fundamental of Soil Mechanics*. John Willey & Sons Inc., Tokyo.
- Taat Setiawan, 2020. Hidrogeologi dan kajian Isotop Daerah cekungan Air Tanah Bandung-Soreang dan Sekitarnya. Disampaikan pada acara Webinar BDTBT-PEP, Rabu, 22 Juli 2020.
- Tjia H. D., 1968. *The Lembang Fault, West Java*. Geologie En Mijnbouw, 47: 126–130.
- Undang dkk. 2013. Sistem Akifer Pada Batuan Vulkanik di Lingkungan Kampus UNPAD Jatinangor, Sumedang Jawa Barat. Jurnal Geologi Lingkungan.
- Todd, D.K., Mays, L.W., 2005. *Groundwater Hydrology*, 3rd Ed., New York: John Wiley and Sons.
- Wahdatul Khasanah, Najib Najib, dan Taufiq Wira Buana, 2018. Re-Evaluasi Perencanaan Pengembangan Kota Baru Berdasarkan Informasi Geologi Teknik di Walini, Kecamatan Cikalong Wetan, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat.
- Wesley, L.D., 2010. *Fundamentals of Soil Mechanics for Sedimentary and Residual Soils*, Canada: John Wiley & Sons Inc.
- Wibowo, M., 2005. Kajian atas hasil-hasil penelitian kawasan konservasi daerah resapan air di Cekungan Bandung. Jurnal Teknologi Lingkungan, 6(3), 463–468.
- Wibowo, W. dan Repoyadi, P., 1995. Geometri Akifer dan Potensi Airtanah Cekungan Bandung. Prosiding Seminar Sehari Airtanah Cekungan, Bandung.
- Peraturan Perundangan:
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 tahun 2008. Pengelolaan sampah.

Jakarta: Direktorat jenderal Peraturan Perundangundangan Suwandi, Dedi. Tugas Akhir : Rencana Rinci Sistem Pembuangan Akhir Persampahan Kotamadya DT II Cirebon. Program Studi Teknik Lingkungan : 1989.

Undang – Undang Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana

Undang – Undang Nomor 26 tahun 2007 Tentang Penataan Ruang.

Pemerintah Daerah Provinsi Jawa Barat, 2010. Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat No. 22 Tahun 2010 tentang rencana tata ruang wilayah Provinsi Jawa Barat 2009-2029. Pemerintah Daerah Provinsi Jawa Barat, 2016.

Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat No. 2 Tahun 2016 tentang pedoman pengendalian Kawasan Bandung Utara sebagai Kawasan Strategis Provinsi Jawa Barat.

Peraturan Perundang-Undangan, Peraturan Pemerintah RI No. 26 Tahun 2008, Tentang, Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional.

Peraturan Gubernur Jawa Barat Nomor 58 Tahun 2011, Tentang Perubahan Atas Peraturan Gubernur Jawa Barat Nomor 21 Tahun 2009 Tentang Petunjuk Pelaksanaan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat Nomor 1 Tahun 2008 Tentang Pengendalian Pemanfaatan Ruang Kawasan Bandung Utara.

Pemerintah Republik Indonesia. (2018). Peraturan Presiden No. 45

SNI, 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.

SNI, 2017. Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Pemukiman: Bandung.

SNI 19-3241-1994. Tata Cara Pemilihan Lokasi Tempat Pembuangan Akhir Sampah.

SNI 19-3964-1995. Metoda Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan.

OKI OKTARIADI

Lahir di Bandung, 19 Oktober 1961. Penulis adalah lulusan S-1 UNPAD tahun 1986 dan S-2 Geologi UNPAD tahun 2004. Sejak 1987 sampai sekarang bekerja di Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan, Badan Geologi. Saat ini aktif sebagai Ketua Dewan Redaksi *Buletin Geologi Tata Lingkungan* (BGTL) dan Ketua Dewan Redaksi *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi* (JLBG).



KASBANII

Lahir di Banyuwangi, 30 Oktober 1961. Penulis adalah lulusan S-1 Teknik Geologi ITB tahun 1985 dan S-2 Geologi University of Auckland tahun 1997. Pada tahun 2013-2016 menjabat sebagai Kepala Puslitbang Teknologi Ketenagalistrikan dan EBTKE, tahun 2016-2020 menjadi Kepala Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi dan sejak Februari 2021 sampai sekarang menjadi Kepala Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan



MOCHAMAD WACHYUDI MEMED

Lahir di Bandung, 05 Mei 1967. Lulusan S-1 Teknik Geologi tahun 1992, dan S-2 Teknik Lingkungan tahun 2002 ITB, meneruskan S-3 Teknik Geologi di UNPAD pada tahun 2007. Sejak tahun 1993 sampai dengan sekarang bekerja di Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan, Badan Geologi. Amanat jabatan yang pernah di percayakan kepada penulis dimulai pada tahun 2013 sampai dengan 2014 menjabat sebagai Kepala Sub Bidang Geologi Lingkungan Regional, tahun 2014 sampai dengan 2017 menjadi Kepala Balai Konservasi Air Tanah pertama, tahun 2017 sampai dengan 2020 menjabat sebagai Kepala Bidang Geologi Lingkungan, dan tahun 2020 sampai dengan sekarang menjabat sebagai Koordinator Geologi Lingkungan dan sekaligus sebagai pengurus pada organisasi profesi sebagai Sekertaris Jenderal Masyarakat Geologi Tata Lingkungan Indonesia (MAGETI) IAGI.

