

OKI OKTARIADI

TAMAN BUMI MOOI GAROET



Bonus:
RESTU GEOLOGI LINGKUNGAN
UNTUK GEOWISATA CEKUNGAN GARUT

BADAN GEOLOGI

TAMAN BUMI MOOI GAROET

Oki Oktariadi

BADAN GEOLOGI
Agustus 2023

TAMAN BUMI MOOI GAROET

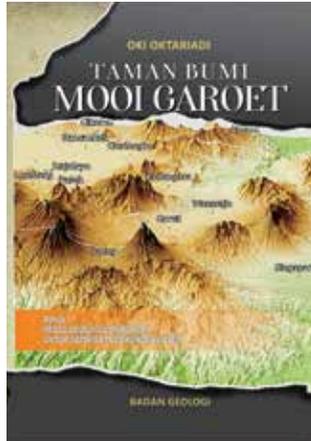
Penyusun:
OKI OKTARIADI

Kontributor Tulisan:
Iyan Haryanto
Igan Sutawidjaya
S.A.H. Sagala

Editor:
Atep Kurnia
T. Bachtiar

Diterbitkan oleh:
BADAN GEOLOGI
Kementerian Energi dan Sumber Daya
Mineral
Alamat: Jl. Diponegoro No. 57 Bandung
40122
Website: www.bgl.esdm.go.id
e-mail: geologi@bgl.esdm.go.id

Hak Cipta @ OKI OKTARIADI



Layout isi dan Desainer Cover:
AYI R. SACADIPURA

ISBN:

Cetakan Pertama: 2023

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).

Sambutan

Berkat rahmat Allah SWT, buku *Taman Bumi Mooi Garoet* ini dapat diterbitkan. Semoga buku ini dapat menjadi sumber informasi bagi pemerintah daerah dan masyarakat yang memerlukan informasi tentang keragaman geologi yang layak menjadi obyek geowisata dan dasar-dasar pengelolaannya berbasis geologi tata lingkungan.

Dalam buku ini, penulis berusaha mengungkap keragaman geologi yang layak menjadi objek-objek Geowisata berdasarkan pengalaman perjalanannya di wilayah Garut dan sekitarnya dan melakukan penelaahan berbagai hasil kajian ilmiah yang pernah dilakukan para ahli ilmu kebumihan terutama yang berkaitan dengan potensi keragaman geologi yang memiliki keunikan dan estetika yang indah dan menarik, baik dalam bentuk bentang alam, batuan, fosil maupun proses geologi yang sedang berlangsung. Selain itu penulis berusaha pula mengungkap keterkaitan keragaman geologi dengan keanekaragaman hayati dan budaya yang ada di sekitarnya. Memang, keterhubungan fenomena keragaman alam dan budaya itu menjadi suatu yang penting dan menarik dalam kegiatan geowisata.

Selain mengungkap keunikan keragaman geologi, penulis pun berusaha mengungkap tema yang berkaitan dengan keadaan geologi lingkungan Cekungan Garut khususnya pada keragaman geologi yang berpotensi menjadi obyek geowisata. Nampaknya kepentingan mengungkap kondisi geologi lingkungan yang dilakukan penulis, yaitu agar informasi sumber daya geologi yang merupakan pendukung keberlanjutan manusia untuk mempertahankan hidup dan faktor pembatas/kendala geologi yang merupakan faktor kerentanan bagi keberlangsungan hidup manusia dapat diketahui sebagai informasi atau pedoman pemerintah daerah dan masyarakat

dalam melakukan perencanaan dan pengelolaan lingkungan, sehingga faktor keamanan dan kenyamanan dalam berwisata maupun berkehidupan masyarakat setempat dapat dirasakan secara berkelanjutan.

Upaya penulis dalam mengungkap tema keragaman geologi dan geologi tata lingkungan Cekungan Garut dalam buku ini tidak terlepas dari keberadaannya sebagai ahli geologi lingkungan di Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.

Semoga buku ini dapat menjadi salah satu perwujudan tugas dan fungsi Badan Geologi yang dapat dimanfaatkan oleh pemerintah daerah, baik provinsi Jawa Barat, Kabupaten Garut maupun masyarakat pada umumnya yang peduli dalam kemajuan dan keberlanjutan pembangunan.

Bandung, Juli 2023

**Kepala Pusat Air Tanah
dan Geologi Tata Lingkungan,
Badan Geologi**

Dr. Ir. Ediar Usman, M.T.

Pengantar

Puji syukur, *alhamdulillah*, kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena telah melimpahkan rahmat-Nya berupa pengetahuan, kesempatan, dan kemampuan sehingga buku ini bisa selesai seperti yang diharapkan.

Keberhasilan ini tidak terlepas dari karya-karya geologiwan terdahulu yang telah membuka sedikit demi sedikit tabir pengetahuan geologi di wilayah Indonesia khususnya wilayah Garut dan sekitarnya, baik sebagai potensi sumber daya geologi yang bisa dimanfaatkan maupun yang harus dilindungi. Upaya dan peran para sesepuh geologi tersebut bagi penulis sebagai inspirasi untuk meneruskan dan mengungkap lebih banyak khazanah geologi dan memanfaatkan untuk berbagai keperluan yang berujung pada kemakmuran bangsa dan negara.

Buku yang kami susun ini berjudul "*Taman Bumi Mooi Garoet*" yang berisikan fenomena keragaman geologi yang memiliki potensi sebagai objek geowisata, Juga mengungkap keadaan geologi lingkungan yang merupakan sintesa aspek-aspek daya dukung dan kendala geologi yang menjadi basis dalam pengembangan dan pembangunan suatu wilayah khususnya kepariwisataan seperti yang sedang dilakukan Kabupaten Garut.

Semoga buku ini mampu memberikan gambaran tentang keunikan dan keindahan keragaman geologi wilayah Cekungan Garut walaupun dibalik pesonanya ada bahaya yang selalu mengintai, namun dengan memahami kondisi geologi lingkungan diharapkan pemerintah daerah, masyarakat maupun wisatawan dapat lebih meningkatkan kewaspadaan.

Terlepas dari itu, penulis memahami bahwa buku ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga sangat mengharapkan kritik serta saran yang bersifat membangun demi terciptanya buku edisi selanjutnya yang lebih baik lagi.

Bandung, Maret 2023

Oki Oktariadi
Penulis

Daftar Isi

SAMBUTAN —v

PENGANTAR —VII

DAFTAR ISI —ix

PROLOG

Pesona Cekungan Garut — 1

“PANGIRUTAN”

Geowisata Masa Depan Perekonomian Cekungan Garut —13

Keragaman Bentang Alam —19

Keragaman Batuan — 21

Keragaman Struktur Geologi —28

BAGENDIT

Situ di Lingkungan ku Gunung — 39

GUNUNG GUNTUR

Ikon Cekungan Garut — 45

Keragaman Geologi —49

Geowisata Komplek Gunung Gede —61

KAMOJANG

Pelopor Pemanfaatan Panas Bumi di Indonesia — 71

Keragaman Geologi — 73

Awal Pemanfaatan Panas Bumi untuk Pembangkit Listrik —83

Pemanfaatan untuk Obyek Wisata — 88

Program Konservasi Alam — 94

PANAS BUMI DARAJAT

Misteri Suara Kendang — 99

Keragaman Geologi — 101

Pemanfaatan Panas Bumi sebagai PLTP — 121

Pemanfaatan Panas Bumi Sebagai Obyek Wisata — 122

Memahami Program Konservasi Alam — 126

Jalur Pendakian Gunung Kendang — 129

GUNUNG PAPANDAYAN

“Tempat Panenjoan Dunia” Bujangga Manik — 137

Keragaman Geologi — 145

Keunikan Geologi Gunung Papandayan — 162

Pemanfaatan Kawasan Gunung Papandayan 170

CIKURAY KARACAK

Kabuyutan Jawara Padjadjaran — 185

Geotrek ke Puncak Gunung Cikuray — 191

Geowisata Karacak Valley — 196

Keragaman Batuan — 214

KARAH TALAGABODAS

Real Estate Gunung Api di Timur Cekungan Garut — 227

Keragaman Bentang Alam — 232

Keragaman Proses Geologi — 234

Geowisata Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas — 238

Geowisata Kompleks Karahabodas – 252
Pendakian di Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas – 267

GEOLOGI TATA LINGKUNGAN

Memberi Kenyamanan Berwisata Alam di Cekungan Garut – 275

Geologi Lingkungan Cekungan Garut – 280

Bahaya Lingkungan Beraspek Geologi – 312

Sintesis Geologi Lingkungan – 337

Revitalisasi Situ Bagendit – 345

Kawasan Wisata Cipanas Tarogong – 355

Kawasan Gunung Papandayan – 360

EPILOG – 371

DAFTAR PUSTAKA – 379

PENYUSUN – 388

PROLOG

Pesona Cekungan Garut

// Mooi Garoet atau *Mooi Garoet*” berarti “Garut yang Cantik” menjadi inti dari judul buku ini, sebuah julukan kekaguman pada zaman Kolonial Belanda pada wilayah Garut bagian utara sebagaimana populernya *Mooi Indie* untuk wilayah Indonesia. Julukan klasik pada keadaan tanah jajahan yang memiliki panorama alam yang indah dan subur. Ketika itu pun Garut diakui oleh wisatawan domestik maupun dunia sehingga muncul julukan lainnya seperti “*Swiss From Java*”, dan “Garut Pangirutan”. Pujian-pujian klasik ini disandang khususnya untuk wilayah Garut bagian utara, sebuah cekungan di dataran tinggi Priangan Timur yang dikelilingi pegunungan serta perbukitan indah mempesona. Di tengah Cekungan Garut dihiasi kelokan-kelokan aliran hulu Sungai Cimanuk beserta anak-anak sungainya. Situ Bagendit yang tidak jauh dari pusat Kota Garut menambah pesona, sementara pegunungan yang mengelilinginya merupakan gunung-gunung vulkanik muda dan tua yang memiliki keunikan dan pesona tersendiri seperti Gunung Guntur “Pesona Lava Tapal Kuda”, Kamojang “Pelopor Pemanfaatan Panas Bumi Indonesia”, Kompleks Kaldera Darajat “Misteri Suara Kendang”, Gunung Papandayan “Panenjoan Bujanggamanik”, Gunung Cikuray “Menjulung menyangga Garut”, Gunung Karacak “Pesona Gunung Api Tua”, Kompleks Gunung Karaha-Talagabodas “Real Estate Gunung Api di Timur Garut”, dan gunung-gunung beserta perbukitan lainnya yang hijau ikut menghiasi “*Mooi Garoet*”.

Sejarah Kabupaten Garut tidak lepas dari sejarah Kabupaten Limbangan di masa lalu. Bermula ketika Kabupaten Limbangan dibubarkan oleh Daendles pada tahun 1811, dengan alasan produksi pertanian yang turun drastis terutama kopi. Disamping itu, Kabupaten Limbangan sering dilanda bencana alam banjir termasuk area pesawahan, hal ini akibat sistem drainase yang buruk dan jauh dari saluran pelepas ke sungai besar. Keadaan ini mendorong R.A.A. Adiwijaya sebagai Bupati Kabupaten Limbangan merintis pencarian ibu kota baru dengan membentuk panitia survei (1813-1831).

Setelah melalui beberapa tahap pertimbangan akhirnya ketemulah tempat yang cocok sebagai Ibu Kota baru yaitu berada di tengah-tengah dataran tinggi pada sebuah cekungan yang dikelilingi pegunungan dan ditengahnya mengalir Sungai Cimanuk. Secara geografis terletak pada koordinat $6^{\circ}56'49''$ – $7^{\circ}45'00''$ Lintang Selatan dan $107^{\circ}25'8''$ - $108^{\circ}7'30''$ Bujur Timur, berada pada ketinggian antara 717 hingga 2.821 mdpl, (Gambar 0.1). Dari kota lama limbangan, tempat tersebut berjarak kurang lebih 17 km ke arah selatan.

Pada awalnya, pemindahan Ibu Kota Kabupaten Limbangan tidak akan mengubah nama, tetapi dengan adanya inisiatif sesepuh setempat untuk mengubah nama dari kabupaten Limbangan menjadi Kabupaten Garut. Konon, nama Garut bermula ketika salah seorang tim survei pemindahan ibu kota kabupaten mengalami kakarut belukar (Kakarut dalam bahasa Indonesia berarti tergores). Ternyata, kakarut ini sulit diucapkan oleh orang Belanda yang mengikuti survei, walaupun telah berusaha menirukannya, namun apa daya ia tak mampu mengucapkan secara sempurna dan hanya mampu mengucap kata “gagarut” dan kemudian wilayah terpilih itu menjadi populer dengan sebutan “Garut”.

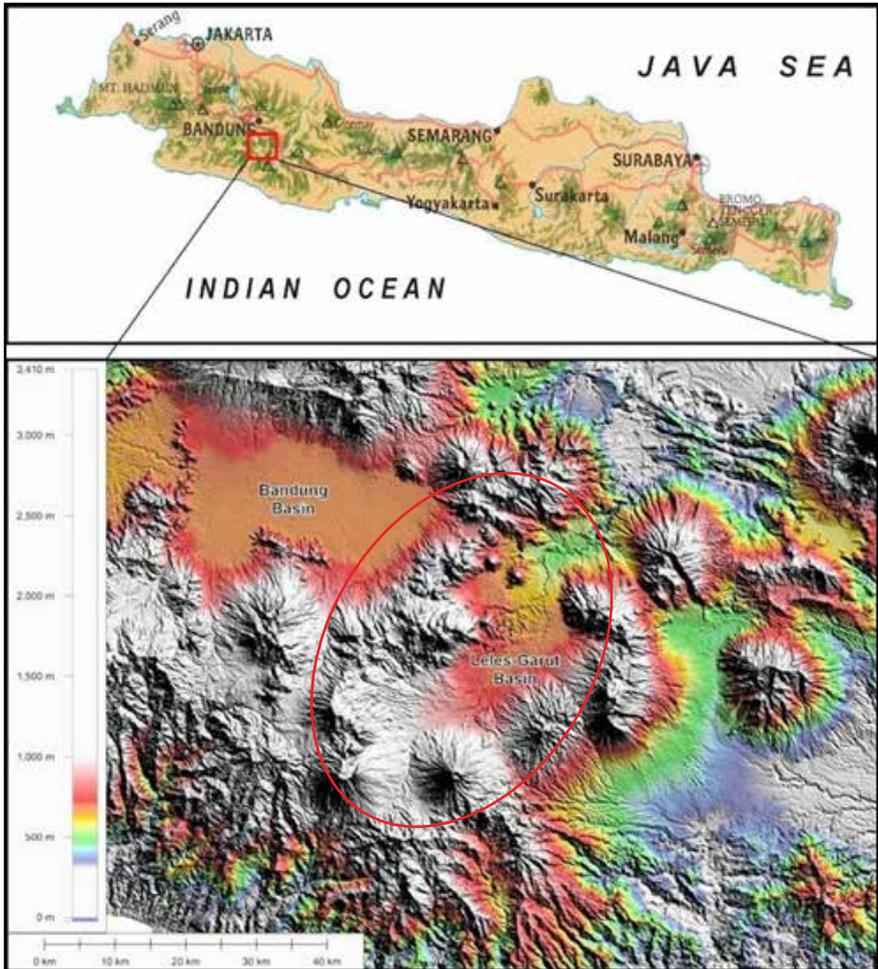
Dari sejarah itulah akhirnya pusat pemerintahan berkembang menjadi Kota Garut dan kini setiap 16 Februari diperingati sebagai hari jadi Kota Garut. Setelah menjadi kabupaten pemerintah Belanda mengembangkan Kabupaten Garut sebagai destinasi wisata unggulan, selain dikembangkan juga sebagai lahan kehutanan, perkebunan, dan pertanian.

Perkembangan pariwisata yang terus berkembang pesat di awal abad ke 20, telah melahirkan berbagai julukan, di antaranya dengan idiom “*Mooi Garoet*”, “*Swiss From Java*”, dan “Garut Pangirutan”. Hal ini menyebabkan Garut dikenal sebagai salah satu tujuan wisata yang paling menarik di dunia. Banyak hotel mewah didirikan dan tempat-tempat wisata dikelola sebaik mungkin untuk memberi kenyamanan, sehingga wajar banyak orang terkenal di dunia datang ke Garut untuk berlibur. Apalagi iklim dan suasana alam Cekungan Garut terasa asri dan nyaman yang membuat wilayah ini disukai Bangsa Eropa.

Perkembangan pariwisata yang pesat itu, selain suasana alam Cekungan Garut yang mempesona juga ditunjang dengan iklim tropis basah (*humid tropical climate*) yang dipengaruhi pola sirkulasi angin musiman (*monsoonal circulation pattern*). Artinya selama musim hujan, secara tetap bertiup angin dari Barat Laut yang membawa udara basah dari Laut Cina Selatan dan bagian barat Laut Jawa sehingga terasa sejuk. Sementara pada musim kemarau bertiup angin kering bertemperatur relatif tinggi dari arah Australia yang terletak di tenggara. Keadaan ini pun bagi Bangsa Eropa tetap disukai karena pada saat yang sama iklim di belahan sub tropis relatif ekstrim apalagi di daerah berhawa dingin seperti Negeri Belanda.

Julukan “*Garut Pangirutan*” dan lainnya, semakin populer setelah buku-buku panduan (*guide*) perjalanan dicetak dengan mewah oleh agen-agen *traveling* dan giat mempromosikan usahanya ke mancanegara. Di depan stasiun Garut pun, didirikan “*Tourist Bureau*” untuk melayani para wisatawan. Ungkapan “Garut Yang Permai”, dinarasikan dan digambarkan dalam *Encyclopedie van Nederlands-Indie* (Ensiklopedia Hindia-Belanda) terbitan tahun 1917.

“Garut adalah salah satu tempat terindah di Jawa dengan iklim nyaman (tinggi 700m) dengan lingkungan yang sangat indah, tempat pesiar yang sangat disukai orang Batavia dan mancanegara, terutama pada musim kemarau. Menikmati wisata ke Cikuray, Papandayan, Talaga Bodas, Danau Bagendit, dan sebagainya”.



Gambar 0.1. Kabupaten Garut bagian utara yang berbentuk bentang alam cekungan (dalam lingkaran merah). Menurut Haryanto, drr, (2018) secara geologi terdiri atas dua cekungan, yaitu Cekungan Leles dan Cekungan Garut. Namun, dalam buku ini kedua cekungan tersebut disebut sebagai Cekungan Garut. Cekungan ini berbatasan langsung di sebelah barat lautnya dengan Cekungan Bandung.

Menduniannya pariwisata Cekungan Garut kala itu bukanlah basa-basi, karena banyak selebritis Dunia sengaja datang ke Garut untuk *plesiran*, di antaranya Charlie Chaplin, seorang artis film bisu dari Hollywood yang saat itu sangat mashur berkunjung pada 1928. Catatan sejarah lainnya dapat merujuk pada surat kabar dari negeri Selandia Baru (New Zealand), *Nelson Evening Mail*, edisi 3 Oktober 1911 yang memberitakan catatan perjalanan seorang wisatawan dari Negeri Selandia Baru ke Garut bernama Robert Allan bersama dua rekannya. Kisah perjalanan itu berjudul “*Java and Its People*”, yang kemudian dikutip Naratagaroet, sebagai berikut:

Kisah diawali ketika Robert Allan mengirim telegraf untuk memesan hotel di Garut. Namun, kala itu semua kamar hotel disebutkan sudah dipesan oleh para bule yang berdatangan dari Batavia dan Surabaya. Konon, bule-bule dari kedua kota itu sedang mengungsi karena wabah kolera yang melanda Batavia dan wabah pes yang melanda Surabaya. Walau begitu, Robert Allan bersama dua rekannya tetap melanjutkan kegiatan wisata. Dengan kapal laut mereka tiba di Surabaya, lalu menuju ke Semarang, dan kemudian dilanjutkan lagi ke Garut. Semua perjalannya ditempuh dengan kereta api.

Robert Allan menyebutkan bahwa dari Maos menuju Garoet, ia menggunakan kereta api “Java Express” yang berangkat pada pukul 02.00 dan tiba di Tjibatu pada kira-kira pukul 18.00. Kereta api berjalan pelan setiap kali melalui tanjakan dan jalan berkelok di daerah pegunungan Jawa Barat. Tiba di Garut, seperti dikabarkan sebelumnya, hotel telah penuh. Ia kemudian mendatangi mandor Hotel Van Horck. Oleh petugas hotel itu, Robert Allan dan rekannya akhirnya mendapat penginapan pengganti yaitu di Losmen Pension. Hanya ada penginapan itu saja yang tersisa. Walau kurang memuaskan, Robert akhirnya tetap bermalam di losmen tersebut.

Hari selanjutnya, Robert menuju objek wisata yang dituju adalah Gunung Papandayan. Ia mengendarai kuda dan sesekali berjalan kaki hingga mendekati puncak gunung yang berada di ketinggian

8.000 kaki. Pendakian berakhir saat tiba di “rotorua”, atau bekas kawah gunung yang khas dengan pemandangan air panas yang mendidih dan bongkahan belerang alami. Dan setelah menikmati Gunung Papandayan, Robert juga menyempatkan berwisata ke Danau Bagendit yang tak kalah indahnyanya.

Makna dari perjalanan Robert Allen ke Garut itu menunjukkan wilayah ini sudah dikenal dunia sejak zaman Belanda sebagai destinasi wisata alam khususnya wisata gunung api. Saat itu Gunung Papandayan dapat dikatakan sebagai objek wisata bergengsi yang diimpikan untuk dikunjungi, apalagi wisatawannya berasal dari negara yang tidak memiliki gunung api seperti masyarakat Belanda. Saat itu negara mereka berperan sebagai penguasa negeri nusantara ini yang kala itu disebut Hindia Belanda.

Begitu terkenal ke mancanegara, Cekungan Garut menjadi tempat pertemuan atau konferensi orang-orang dari berbagai benua. Suasana itu direkam oleh S. Ahmad Abdullah Assegaf dalam novel berbahasa Arab dengan judul ‘*Fatat Garut*’ (Gadis Garut) yang terbit pada tahun 1979. Sayangnya, memasuki zaman revolusi, kegiatan wisata ke Garut mengalami banyak kemunduran bahkan nyaris meredup.

Ketika NKRI mulai stabil, berbagai upaya untuk mengembalikan pariwisata Garut terus dilakukan dan hasilnya cahaya terang pun mulai kembali, walaupun masa-masa “*Mooi Garoet*”, “*Swiss From Java*”, dan “*Garut Pangirutan*” belum tertandingi. Namun, segala upaya terus dilakukan oleh berbagai komponen masyarakat dan pemerintah, termasuk Presiden RI Joko Widodo. Beliau ikut mendorong dan menyempatkan hadir di Bumi Garut karena modal dasar keindahan dan keunikan alam tidak hilang, hanya tinggal menguatkan kebulatan tekad yang dimanifestasikan dalam perencanaan dan tata laksana kepariwisataan yang baik dan *powerfull*.

Memang, tidak dipungkiri bila Cekungan Garut yang memiliki pedataran luas pada ketinggian 717 m.dpl dengan dikelilingi

pegunungan vulkanik aktif maupun tidak aktif seperti Gunung Karacak (1.838 mdpl), Gunung Cikuray (2.821 mdpl), Gunung Papandayan (2.622 mdpl), Gunung Guntur (2.249 mdpl), dan Gunung Talagabodas (2.201 mdpl). Di antara pegunungan terdapat perbukitan dan lembah-lembah membentuk pola aliran sungai yang memesonakan. Pola aliran sungai adalah sebuah kumpulan dari sungai-sungai yang memiliki bentuk yang sama, dalam hal ini menggambarkan kondisi profil dan genetika sungai itu sendiri.

Terbentuknya pola aliran sungai itu berawal dari uap air yang dibawa udara ditinggikan, mengembun puncak-puncak gunung, kemudian berubah menjadi titik-titik air dan melalui hujan sebagian mengalir di permukaan sambil menggerus tanah atau batuan membentuk lembah-lembah sungai. Sebagian lagi meresap ke dalam tanah yang porous, disimpan sebagai akuifer dan mengalir secara perlahan di dalam tanah. Bentuk pola aliran sungai di alam ini bermacam-macam, disebabkan adanya berbagai faktor alami yang berpengaruh, diantaranya: topografi, bentang alam, kemiringan, jenis tanah dan batuan, struktur geologi, tingkat erosi, dan lain sebagainya.

Ketika air hujan sampai di tanah, sebagian mengalir di permukaan dan sebagian meresap ke dalam tanah disimpan sebagai akuifer. Akuifer ini mengalir perlahan sebagai air bawah tanah dan diperjalankan di lepas sebagai mata air. Air permukaan dan mata air secara berjenjang membentuk orde-orde sungai. Akhirnya sungai tersebut bermuara di sungai besar yang berkelok-kelok. Di wilayah Cekungan Garut, sungai besar itu dikenal dengan sebutan Ci Manuk atau Sungai Cimanuk.

Kita tahu dan sepakat bahwa sumber air permukaan banyak memberi manfaat dalam kehidupan manusia seperti untuk kebutuhan rumah tangga, pertanian, pembangkit tenaga listrik, dan lain sebagainya. Sementara, air yang meresap dan mengalir di bawah tanah pun memberi manfaat sebagai sumber dan cadangan air bagi kehidupan. Salah satu keunikan di wilayah Cekungan Garut adalah adanya aliran bawah tanah yang bersentuhan dengan magma yang panas hingga mendidihkan air. Kemudian air panas tersebut muncul

ke permukaan melalui retakan-retakan batuan membentuk mata air panas dan ada juga dalam bentuk uap panas yang kadangkala menyembur di atas permukaan sebagai gayser. Semua peristiwa yang menakjubkan itu di kenal sebagai energi panas bumi (*hydrothermal*). Kini energi hasil proses geologi itu dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, diantaranya sebagai pembangkitan tenaga listrik dan secara tradisional dimanfaatkan sebagai obyek wisata alam air panas.

Sumber air yang berlimpah di wilayah Cekungan Garut, baik air permukaan maupun air bawah tanah termasuk air panas bumi (*hydrothermal*) tidak terlepas dari pola curah hujan. Data BMKG memperlihatkan curah hujan rata-rata tahunan di Cekungan Garut berkisar sekitar 2.589 mm dengan bulan basah 9 bulan dan bulan kering 3 bulan, sementara di wilayah pegunungan yang mengelilingi Cekungan Garut mencapai 3500 hingga 4000 mm dengan variasi temperatur bulanan Garut berkisar antara 24°C-27°C dan besaran angka penguapan berkeringatan sekitar 1.572 mm/tahun. Sementara variasi temperatur di wilayah pegunungan lebih rendah lagi, terasa lebih sejuk bahkan pada bulan-bulan tertentu terasa sangat dingin.

Dengan kondisi tersebut di atas, wilayah tinggian Cekungan Garut menjadi pelopor pemanfaatan panas bumi untuk kebutuhan pembangkit tenaga listrik dan menjadi salah satu wilayah penghasil terbesar di Indonesia. Dua berada di bagian barat Cekungan Garut, yaitu: PLTP (Pembangkit Listrik Tenaga Panasbumi) Kamojang dan PLTP Darajat. Kedua PLTP ini berada di antara dua gunung aktif, yaitu Gunung Guntur dan Gunung Papandayan. Satu lokasi lagi berada di bagian timur Cekungan Garut, yang di kenal dengan sebutan PLTP Karaha-Bodas, (lihat Gambar 0.2).

1. Kamojang merupakan lokasi eksplorasi panas bumi pertama yang dilakukan oleh pemerintah Kolonial Belanda dan pemboran pertama dilakukan pada 1924. Sejak 1978 telah menjadi PLTP pertama di Indonesia yang dikelola oleh PT. Pertamina Geothermal Energi dan telah bermanfaat selama 44 tahun.
2. Darajat yang berada di antara Kompleks Pegunungan Kamojang dan Gunung Papadayan merupakan lokasi kedua yang dikembangkan menjadi PLTP. Kawasan ini dikelola oleh



Gambar 0.2. Sebaran manifestasi panas bumi di seputaran Cekungan Garut.

Perusahaan Star Energy Geothermal dan menghasilkan kapasitas energi panas Bumi sebesar 271 MW.

3. Karaha-Bodas merupakan potensi panas bumi yang telah dikembangkan menjadi PLTP dengan kapasitas mencapai 30 MW. PLTP ini telah menggunakan teknologi ramah lingkungan yang memiliki kemampuan mengurangi emisi gas rumah kaca yaitu CO₂ sebesar 202 ribu ton per tahun.

Uraian di atas merupakan gambaran umum dari fenomena keragaman geologi Cekungan Garut yang memiliki pesona untuk dikembangkan sebagai obyek geowisata. Keragaman geologi yang dimaksud adalah gambaran keunikan komponen geologi seperti mineral, batuan, fosil, struktur geologi, dan bentang alam yang menjadi kekayaan hakiki suatu daerah serta keberadaan, kekayaan,

penyebaran, dan keadaannya yang dapat mewakili proses evolusi geologi daerah tersebut.

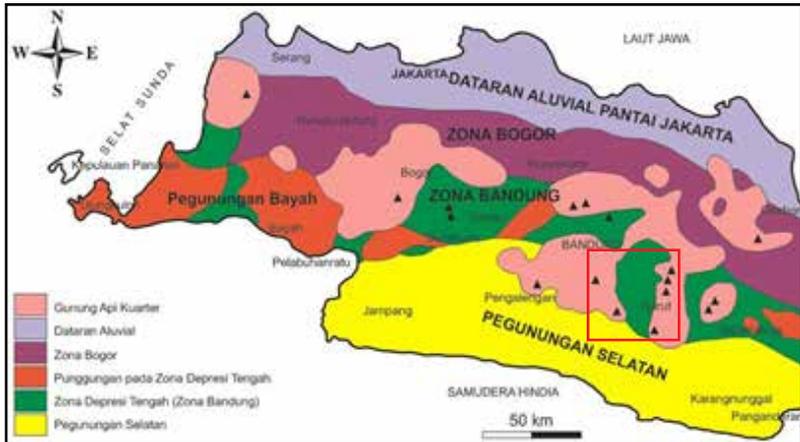
Uraian pada bab-bab selanjutnya dijelaskan sedikit lebih mendalam tentang berbagai fenomena geologi di wilayah Cekungan Garut. Juga disertai informasi Keanekaragaman Hayati (*Biodiversity*) dan Keragaman Budaya (*Cultural Diversity*), terutama yang selaras dengan keunikan keragaman geologi, karena keselarasan multi keragaman alam dan budaya merupakan bagian yang menjadi cerita menarik tentang evolusi pembentukan suatu tapak atau kawasan.

“PANGIRUTAN”

Keragaman Geologi
Masa Depan Geowisata
Cekungan Garut

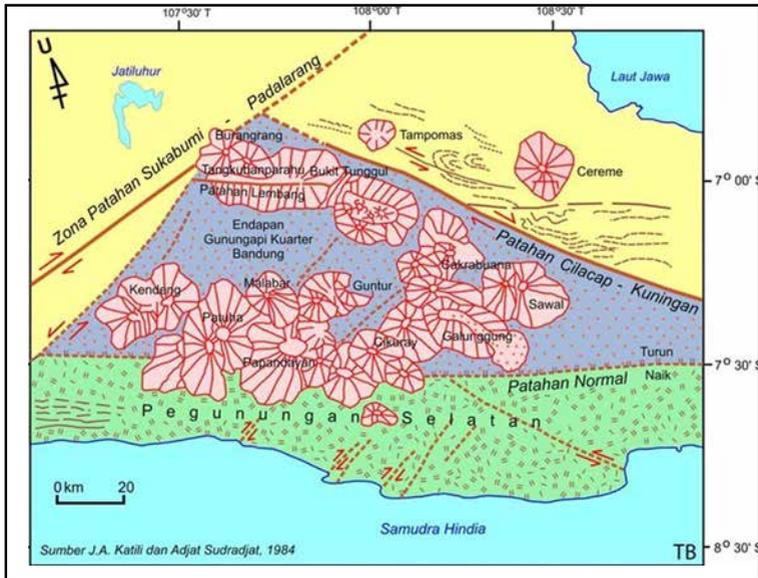
Deretan pegunungan, bukit rindang nan hijau, membuat orang yang melihatnya jatuh cinta. Bahkan, udaranya yang sejuk, mampu “menyilaukan” bagi siapa saja yang pernah singgah di wilayah Cekungan Garut yang sering disebut juga “Pangirutan”, sebuah julukan yang disematkan sejak zaman Belanda. Julukan itu memiliki makna rasa bangga dan rindu bagi mereka yang lahir, bermukim, dan pernah menginjakkan kaki di wilayah Garut. Bukan suatu yang kebetulan bila istilah “Pangirutan” menjadi populer, salah satunya disebabkan oleh keadaan geologi yang unik, karena Garut adalah sebuah bentukan bentang alam dataran tinggi yang dikelilingi gunung api kuarter dan di kenal dengan sebutan “Cekungan Garut”. Menurut Katili dan Sudradjat (1984), sebaran gunung api kuarter ini menjadi bagian tidak terpisahkan dari sebaran gunung api kuarter di Cekungan Bandung yang di kenal sebagai *Triangular Volcanic Complex* (TVC). Kini Cekungan Garut ditumbuhi vegetasi yang beranekaragam dan sebagian besar menjadi kawasan konservasi yang eksotik. Dengan demikian, keunikan keanekaragaman bumi Cekungan Garut ini sangat potensial dikembangkan berbagai tema geowisata, sehingga menjadi masa depan peningkatan perekonomian Kabupaten Garut.

Garut Pangirutan tergambarkan pada peta fisiografi Jawa Bagian Barat yang disusun van Bemmelen (1949) sebagai bagian dari Gunung Api Kuarter dan Zona Depresi Tengah (Zona Bandung) (Gambar 1.1). Kedua zona pembentuk Cekungan Garut ini umumnya membentang mulai dari Anyer Banten menerus ke timur wilayah Jawa Barat melalui Sukabumi, Cianjur, Bandung, Garut hingga Kuningan berupa rangkaian pegunungan dan perbukitan Vulkanik Kuarter Jawa Barat yang dipisahkan oleh beberapa cekungan atau lembah depresi hasil kinerja tektonik. Bila kita terbang menggunakan pesawat dari Bandung menuju Yogyakarta dan posisi duduk di dekat jendela kabin pesawat, maka pemandangan bentang alam gunung-gunung, perbukitan curam, dan lembah-lembah sangat memesona dan menakjubkan.



Gambar 1.1. Fisiografi Jawabaratan dan dalam kotak merah adalah wilayah Dataran Tinggi Garut bagian utara. (Bemmelen, 1949)

Menurut van Bemmelen (1949), batuan penyusun Zona Bandung, terdiri atas batuan sedimen berumur Neogen yang ditindih secara tidak selaras oleh batuan vulkanik berumur Kuarter. Akibat tektonik yang kuat, batuan tersebut membentuk struktur lipatan besar yang disertai pensesaran sehingga membentuk puncak dari geantiklin Jawa Barat yang kemudian runtuh setelah proses pengangkatan berakhir dan gunung-gunung api di Zona Bandung



Gambar 1.2. Zona Bandung termasuk di Cekungan Garut termasuk *Triangular Volcanic Complex* (TVC), yang merupakan kompleks segitiga vulkanik yang berada di dalam tiga zona sesar utama, yaitu, Sesar Mengiri Sukabumi-Padalarang, Sesar Menganan Cilacap-Kuningan, dan Sesar Turun berarah Barat-Timur.

membentuk cekungan-cekungan, di antaranya dikenal dengan sebutan “Cekungan Garut”. Oleh Katili dan Sudradjat (1984) sebaran gunung api tersebut dikelompokkan kedalam gunung api kuartar yang hadir membentuk gugusan dengan sebutan *Triangular Volcanic Complex* (TVC) atau kompleks segitiga vulkanik (Gambar 1.2). Gugusan gunung api ini berada di sepanjang tiga zona sesar utama, yang di kenal dengan sebutan Sesar Mengiri Sukabumi-Padalarang, Sesar Menganan Cilacap-Kuningan, dan Sesar Turun berarah Barat-Timur. TVC tersebut dapat dikategorikan sebagai keunikan geologi yang skala nasional bahkan dunia.

Selanjutnya Katili dan Sudradjat (1984) secara khusus menjelaskan bahwa pembentukan Cekungan Garut sangat dipengaruhi oleh subduksi modern yaitu aktivitas tektonik akibat penunjaman Lempeng Samudera Hindia ke bawah Lempeng Asia

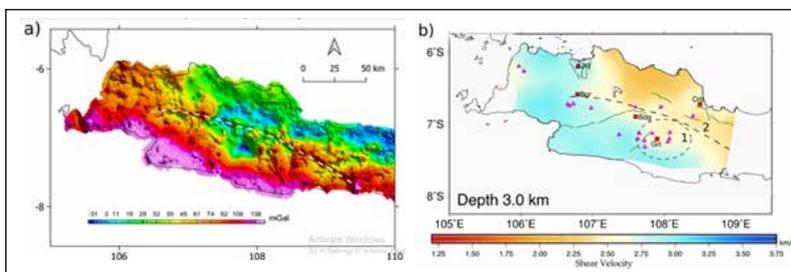
Tenggara. Awalnya, penunjaman yang terjadi pada Oligosen Akhir-Miosen Awal/Tengah menghasilkan kegiatan gunung api bersusunan andesit, dibarengi dengan sedimentasi karbonat di laut dangkal. Sedimentasi terjadi pada lereng di bawah laut, kegiatan magmatik diakhiri dengan penerobosan diorite kuarsa pada akhir Miosen Tengah mengakibatkan pemropilitan pada Formasi Jampang. Setelah terjadi perlipatan, pengangkatan dan erosi, maka terjadi kegiatan magmatik yang menghasilkan kegunungapian. Pada Plio-Plistosen kegiatan gunung api kembali terjadi dan disusul oleh serangkaian kegiatan gunung api Kuartir Awal.

Kini, pendapat peneliti generasi awal kemerdekaan Indonesia seperti Bemmelen, Katili, Sudradjat, dan lain sebagainya banyak menginspirasi para peneliti generasi kekinian seperti dilakukan oleh Ismayanto, dr., (2007); Permana, dr., (2015); Fauzi, dr., (2015), dan lain sebagainya. Salah satu pendalaman mereka, secara umum mengekspresikan bentang alam Cekungan Garut berbentuk elipsoidal, dengan sumbu panjang sejajar dengan dua garis sesar yang sangat dipengaruhi oleh aktifnya kembali sesar-sesar lama berarah barat-timur (E-W) akibat gempa-gempa yang sering terjadi di wilayah Garut dan sekitarnya. Hal ini wajar, karena wilayah Garut termasuk zona gempa aktif dan pernah terjadi dengan kekuatan 6,1 SR di sekitar Kota Garut pada April 2016. Pergerakan-pergerakan sesar tersebut yang berlangsung jutaan tahun telah ikut berkontribusi terhadap runtuhnya antiklin besar yang membentuk cekungan antar pegunungan. Struktur sesar ini memungkinkan jalur magma mencapai permukaan dan membentuk pegunungan vulkanik.

Pendapat baru yang menarik tentang pembentukan Cekungan Garut dikemukakan oleh Ismayanto, dr., (2007). Mereka mengatakan bahwa Dataran Garut yang berbentuk cekungan diduga sebagai jejak kaldera purba yang kini dikelilingi rangkaian gunung api Kuartir. Pendapat ini diperkuat oleh hasil penelitian Indarto, dr., (2015) yang menafsirkan bahwa Cekungan Garut yang dikelilingi tubuh hasil dari erupsi gunung api Kuartir sebagai sisa-sisa atau jejak Kaldera Purba Garut, hal ini dicirikan oleh bentuk cekungan dan pegunungan yang menggambarkan gejala melingkar

yang hampir berimpitan. Hal ini menunjukkan Cekungan Garut lebih unik dibandingkan Cekungan Bandung. Namun, di sisi lain Cekungan Bandung pun memiliki keunikan tersendiri yaitu adanya jejak danau purba. Fenomena geologi unik yang ditunjukkan kedua cekungan besar ini tentunya sangat menarik bila dijadikan tema utama geowisata khususnya di dalam pengembangan geopark yang sedang ramai diinisiasi para ahli geologi di Jawa Barat.

Pendapat baru lainnya yang berkaitan dengan terbentuknya Cekungan Garut dikemukakan oleh Shindy Rosalia, dr., (2021), yang menyatakan bahwa Cekungan Garut adalah zona *shear velocity* (V_s) rendah yang mencapai hingga kedalaman setidaknya 4 km (Gambar 1.2. dalam lingkaran hitam terputus-putus) dan ternyata sesuai dengan data anomali Bouguer yang rendah pula (Gambar 1.3a, dalam kotak putih). Menurutnya kondisi V_s rendah mungkin terkait dengan dua kondisi bawah permukaan. Pertama, Cekungan Garut diperkirakan telah terbentuk sebagai *pull-apart basin*, dengan perluasan membentuk cekungan dalam yang kini terisi oleh sedimen dan endapan piroklastik. Kedua, dua gunung berapi aktif utama yaitu Gunung Guntur dan Gunung Papandayan, serta di tepi cekungan terdapat aktivitas panas bumi yang menunjukkan adanya perpindahan panas yang melimpah dan adanya sistem fluida hidrotermal dan magmatik yang dalam dan luas. Mungkin argumen



Gambar 1.3. Peta anomali Bouguer Jawa bagian barat dari Survei Geologi Indonesia (PSG). Garis putus-putus putih adalah struktur utama yang digambarkan dari kelurusan relief (Fauzi et al., 2015), b) Peta V_s dari kedalaman 3 km. Angka 1 menunjukkan Ciri Lingkaran Garut dan angka 2 menunjukkan garis struktur utama dari Anomali Bouguer pada a).

Shindy Rosalia, drr., (2021), dapat memperkuat argumen Ismayanto, drr., (2007) dan Indarto, drr., (2015) tentang keberadaan kaldera purba dalam Cekungan Garut.

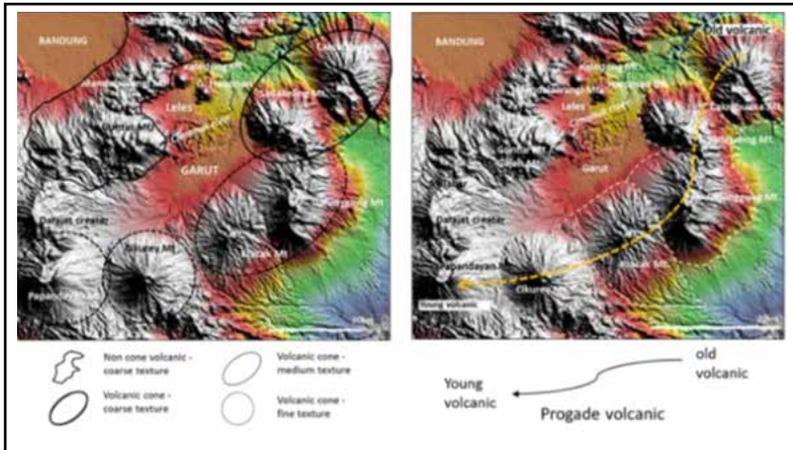
Tentunya hasil-hasil penelitian-penelitian para geoscientist tersebut di atas dapat menjadi rujukan bagi para ahli geologi yang fokus pada pencarian sumber daya geologi, kebencanaan beraspek geologi, dan para pemandu geowisata. Dalam hal ini penulis pun mencoba menginterpretasi dan memilah-milah fenomena geologi Cekungan Garut untuk kebutuhan geowisata dan wisata alam lainnya seperti diuraikan berikut ini.

Keragaman Bentang Alam

Bila kita berdiri di salah satu bagian terbuka dari dataran Kota Garut, tentunya dapat memandang ke segala arah, menikmati keragaman bentang alam berupa rangkaian pegunungan yang mengelilingi dataran dan lembah antar gunung hasil proses geologi yang melibatkan gaya endogen dan eksogen selama jutaan tahun. Proses geologi tersebut telah membentuk keregaman roman muka bumi dan di antaranya menunjukkan keunikan geologi.

Pembentukan roman muka bumi Cekungan Garut di mulai ketika batuan dasar berupa batuan sedimen berumur Neogen ditindih secara tidak selaras oleh batuan vulkanik berumur Kuartar yang mengalami tektonik kuat, membentuk struktur lipatan besar yang disertai oleh pensesaran. Kemudian runtuh setelah proses pengangkatan berakhir membentuk cekungan atau kaldera purba dan di tepiannya tumbuh pegunungan Kuartar, (van Bemmelen, 1949). Kini, kita dapat menyaksikan fenomena geologi di Cekungan Garut yang beragam dan beberapa hal menunjukkan keunikannya.

Gunung-gunung api yang tumbuh di tepian cekungan atau kaldera purba Garut dapat dikatagorikan sebagai gunung api aktif (tipe A) adalah Gunung Papandayan, Gunung Galunggung, dan Gunung Guntur. Sedangkan yang dikatagorikan gunung api tipe B adalah Gunung Talagabodas, Kompleks Gunung Kamojang, dan Kompleks Gunung Darajat. Selain itu, terdapat gunung-gunung



Gambar 1.4: A. Perbedaan tekstur di Cekungan Garut yang menunjukkan pembentukan gunung api. B. Pertumbuhan gunung api di Cekungan Garut di mulai dari arah timur laut ke arah barat daya, (Sumber: Haryanto, drr., 2017).

yang dikategorikan tua (purba) yang diduga terbentuk pada masa Pleistosen seperti Gunung Karaha, Gunung Karacak, Gunung Cikuray, Gunung Mandalawangi, Gunung Kaledong, Gunung Haruman, dan gunung-gunung lainnya.

Menurut Haryanto, drr., (2017), beragam bentuk dari bentang alam pegunungan di tepian atau tinggian Cekungan Garut terlihat dari tekstur topografi yang kasar dan halus. Tekstur topografi kasar menunjukkan konfigurasi gunung api tua, sehingga jarang ditemui kerucut sinder (*cinder cone*), hal ini dipengaruhi oleh deformasi struktural seperti sesar (patahan) dan rekahan. Sedangkan tekstur topografi halus menunjukkan konfigurasi gunung api muda dan di antaranya memperlihatkan kerucut cinder.

Rangkaian gunung api yang memperlihatkan struktur kerucut cinder tersebar mulai dari Gunung Cakrabuana (timur laut) hingga Gunung Papandayan (barat daya). Semakin ke arah tenggara, tekstur topografi terlihat semakin halus, kemungkinan terkait dengan perkembangan vulkanisme yang bergeser ke arah tenggara, (lihat Gambar 1.4 di atas). Sedangkan, jalur perbukitan vulkanik tua

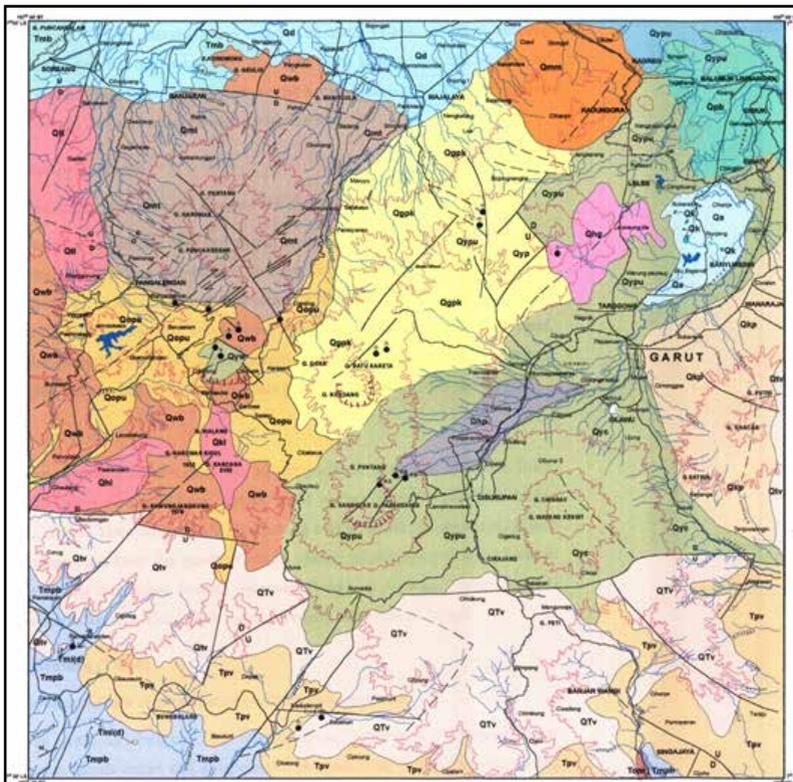
tersebar luas di utara dan barat laut Cekungan Garut. Jalur berbukit ini berperan sebagai pembatas antara Cekungan Bandung dan Cekungan Garut.

Bila kita perhatian, bentang alam Cekungan Garut yang beragam dan indah itu terbentuk akibat berlangsungnya proses endogen yang secara simultan berbarengan dengan proses eksogen. Keberlangsungan kedua proses tersebut dicirikan dengan berkembangnya sungai-sungai yang umumnya membentuk karakter pola aliran sungai mendaun dengan arah aliran menuju sungai utama yaitu Sungai Cimanuk. Salah satu sungai besar di Jawa Barat ini memiliki panjang sekitar 337,67 km dengan luas sekitar 3.493 km² yang mengalir ke arah utara dan bermuara ke Laut Jawa di Kabupaten Indramayu.

Sungai Cimanuk dan anak-anak sungai yang berada di wilayah Cekungan Garut dikelompokkan sebagai daerah aliran sungai (DAS) Cimanuk Hulu yang memiliki panjang sekitar 92 km terdiri atas 58 buah anak sungai yang ber hulu di lereng pegunungan yang mengelilinginya. Secara individual, cabang-cabang anak sungai tersebut merupakan sungai-sungai muda yang membentuk pola pengaliran sub-paralel, yang bertindak sebagai subsistem atau sub-DAS dari DAS Cimanuk.

Keragaman Batuan

Menurut Martodjojo (1984), pembentukan jalur penunjaman baru pada kala Oligosen Akhir-Miosen Awal mengakibatkan daerah Jawa Barat Selatan menjadi busur vulkanik. Deretan gunung api ini diperkirakan sebagian besar berupa deretan gunung api bawah laut. Deretan gunung api inilah yang menjadi batuan asal dari Formasi Jampang dan kegiatan magmatik berakhir dengan penerobosan diorit kuarsa pada akhir Miosen Tengah. Sedangkan keadaan geologi wilayah Cekungan Garut tergambar pada beberapa lembar Peta Geologi Regional skala 1:100.000 yang mencakup Lembar Garut dan Pameungpeuk (Alzwar dr., 1992); Lembar Bandung (Silitonga dr., 1996); Lembar Tasikmalaya (Budhitrisna, dr., 1986); dan Lembar



Keterangan Topografi:

- SENTUHAN, garis terputus jika letaknya diperkirakan
- SINKLIN, dengan arah penunjaman
- SESAR, garis terputus-putus jika letaknya diperkirakan atau direka. U bagian yang naik; D bagian yang turun
- SESAR GESER JURUS, Garis terputus-putus jika letaknya diperkirakan; titik jika tertutup. Panah menunjukkan gerakan nisbi
- 10° JURUS DAN KEMIRINGAN LAPISAN
- TEPI KAWAH
- MATA AIR
- ANTIKLIN, dengan arah penunjaman

- F.S FUMAROLA (f) SOLFATARA (s)
- MATA AIR PANAS
- Jalan
- Jalan Kereta Api
- Kontur
- Sungai
- Danau/situ

Gambar 1.5 a. Peta Geologi Daerah Garut dan sekitarnya, skala 1 : 100.000, hasil cuplikan dari peta geologi lembar Garut dan Pameupeuk yang dipetakan oleh Alzwar, drr.,(1992).

22 TAMAN BUMI MOOI GAROET

Keterangan geologi:

Qa	ALUVIUM : Lempung lanau, pasir halus hingga kasar dan kerikil serta bongkah-bongkah batuan batuan batuan beku dan sedimen
Qd	ENDAPAN DANAU : Lempung, lanau, pasir halus hingga kasar dan kerikil, umumnya bersipat tufan
Qk	KOLOVIUM : Endapan talus, rayapan dan runtuhan bagian tubuh kerucut gunungapi tua, kerucut gunungapi tua, berupa bongkah-bongkah batuan beku, breksi tuf dan pasir tuf
Qhg	LAVA GUNTUR : Lava bersusunan basal - labradoritan.
Qhpy	REMPAH LEPAS GUNUNGAPI PAPANDAYAN : Abu gunungapi, bongkah-bongkah andesit dan basal
Qypu	ENDAPAN REMPAH LEPAS GUNUNGAPI MUDA TAK TERURAIKAN : Abu gunungapi dan lapili, tuf pasiran bongkah-bongkah, andesit- basal, breksi basal dan rempah lepas.
Qy(w,p,u, m,tk)	BATUAN GUNUNGAPI MUDA : Effata dan lava aliran bersusunan andesit-basalan; sumber G. Wayang (Qyw), G. Windu (Qyw), G. Papandayan (Qyp), G. Cikuray (Qyo), G. Masigit (Qym), G. Haruman (Qyh) dan G. Kaledong (Qyk)
Qkp	BATUAN GUNUNGAPI KRACAK - PUNCAK GEDE : Tuf kaca halus dan tuf seka, mengandung lapili batu apung, breksi lahar dan lava.
Q(M,hl,tl)	LAVA KANCANA HUYUNG DAN TILU : Lava andesitan dan andesit basalt
Qmt	BATUAN GUNUNGAPI MALABAR- TILU : Tuf, breksi lahar mengandung sedikit batupung dan lava
Qmn	BATUAN GUNUNGAPI MANDALAWANGI-MANDALA : Tuf kaca mengandung batupung dan lava bersusunan andesit piroksen hingga basalan.
Qpb	TUF BATUAPUNG DAN BREKSI : Endapan tuf kaca dasitik mengandung batupung berukuran lapili -bom dan breksi
Qsu	BATUAN GUNUNGAPI SANGIANGANJUNG TAK TERURAIKAN : Perselingan breksi tuf, breksi lahar dan lava basal - andesitan
Qko Qgpk	BATUAN GUNUNGAPI GUNTUR-PANGKALAN DAN KENDANG : Rempah lepas dan lava bersusunan andesit-basal, bersumber dari kompleks gunungapi tua G.Guntur - G.Pangkalan dan G.Kendang (Qgpk) dan G. Klamis (Qko)
Qopu	ENDAPAN REMPAH LEPAS GUNUNGAPI TUA TAK TERURAIKAN : Tuf hablur halus-kasar dasitran, breksi tufan mengandung batupung dan endapan lahar tua bersifat andesit-basalan.
Qwb	BATUAN ANDESIT WARINGIN BEDIL : Perselingan lava, breksi dan tufa Malabar tua
Qtv	BATUAN GUNUNGAPI TUA TAK TERURAIKAN : Tuf, breksi dan lava
Tpv	BREKSI TUFAAN : Breksi, tuf dan batupasir
Tmb	FORMASI BESER : Breksi tufan dan lava, bersusunan andesit sampai basal.
Tmgp	FORMASI BENTANG : Batupasir tufan, tuf batupung, batulempung, konglomerat dan lignit
Tomy	FORMASI JAMPANG : Lava andesitan terkekarkan dan breksi andesit hornblenda, sisipan tuf hablur halus, setempat terproplitkan.
Tmi (d)	DIORIT KUARSA : Diorit kuarsa yang berwarna abu-abu kehijauan, porfiritik

Gambar 1.5 b. Peta Geologi Daerah Garut dan sekitarnya, skala 1 : 100.000, hasil cuplikan dari peta geologi lembar Garut dan Pameumpeuk yang dipetakan oleh Alzwar, drr.,(1992).

Arjawinangun (Djuri, dr., 1995). Adapun kompilasi peta geologi untuk wilayah Cekungan Garut dapat dilihat pada Gambar 1.5. dan secara garis besar batuan yang tersingkap mulai yang berumur Miosen hingga Holosen. Secara stratigrafi umur batuan dari tua ke muda, terdiri atas: Formasi Jampang (Miosen Awal), Formasi Bentang (Miosen Akhir-Pliosen), Breksi Tufaan (Pliosen), Intrusi Andesit (Pliosen), dan terakhir endapan hasil gunung api berumur Pliosen-Kuarter.

- Formasi Jampang (Tomj) sebagai formasi tertua yang berada di luar Cekungan Garut, terdiri atas lava andesit yang menunjukkan pengkekar dan breksi andesit. Sisipan tuf hablur halus berumur Miosen Awal sampai Miosen Tengah. Pemiratan terbentuk di sekitar kontak dengan batuan terobosan diorite kuarsa. Sedangkan, batuan tertua yang tersingkap di dalam Cekungan Garut umumnya berada di lembah-lembah Sungai Cimanuk bagian hulu, di antaranya berupa breksi vulkanik bersifat basaltis yang kompak dan menunjukkan kemas terbuka dengan komponen berukuran kerikil, kerakal sampai bongkah.
- Formasi Bentang (Tmjb) terdiri atas batupasir tuf, tuf batuapung, batulempung, konglomerat, dan lignit. Sisipan konglomerat atau batupasir kasar gampingan dan batugamping pasiran hanya terdapat di beberapa titik saja. Sebarannya meluas ke ujung barat dan sedikit di ujung timur dari bagian selatan. Kumpulan dari fosil-fosil yang ada pada batuan sedimen, menunjukkan umur Miosen Akhir hingga Plio-Plistosen.
- Breksi Tufaan (Tpv) dicirikan oleh breksi, tuf dan batupasir. Tuf terdiri atas tuf hablur dan tuf sela, padat dan juga sebagai masa dasar di dalam breksi. Satuan ini di beberapa tempat diterobos oleh andesit piroksen dan andesit hornblende Tpi(a) dan menindih tidak selaras dengan ketebalan 600-700 m. Diduga Formasi Bentang ini berumur Pliosen.
- Batuan Gunung api Tua Tak Teruraikan (Qtv) berumur Kuarter. Tersebar berupa tuf, breksi tuf dan lava. Tuf terdiri atas tuf hablur yang halus, tersilikakan dan terpropiltkan secara setempat. Breksi tuf berkomponen andesit dengan masa dasar

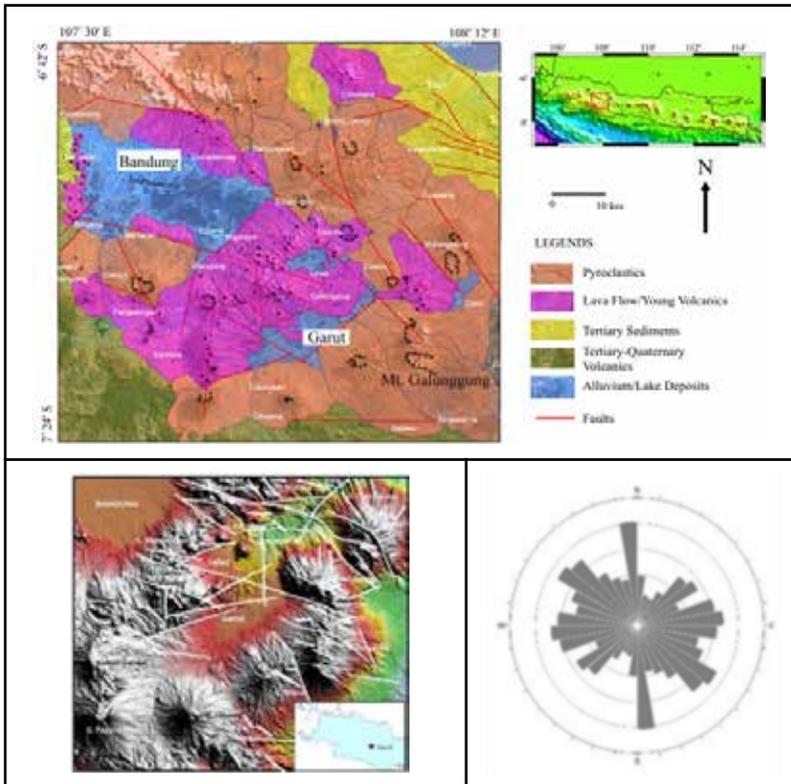
tuf batuapung. Lava bersusunan andesit piroksen dan basal, menunjukkan kekar lembar, kekar meniang dan struktur aliran. Singkapan satuan ini terdapat di selatan Gunung Papandayan dan Gunung Cikuray. Sumber asal batuan gunungapi tak teruraikan ini diduga sebagian besar terbentuk melalui erupsi dan berumur Plio-Plistosen. Terdapat batuan terobosan berupa intrusi Andesit (Tpi-a) berumur Pliosen, yang dicirikan oleh andesit hornblende dan andesit piroksen.

- Endapan hasil gunungapi berumur Pliosen-Kuarter, merupakan batuan termuda yang tersebar mendominasi wilayah Cekungan Garut.

Berdasarkan hasil penelitian-penelitian terdahulu (Hamilton, W, 1997; Soeria-Atmadja, R., drr., 1994; Hall R., drr., 2007) menghipotesiskan bahwa formasi batuan di Cekungan Garut yang terletak pada busur vulkanik berasosiasi dengan subduksi modern di selatan Jawa dan selama Pliosen-Pleistosen, material erupsi besar beberapa gunung api di Pulau Jawa menutupi formasi stratigrafi termasuk di sekitar Cekungan Garut.

Kemudian, L. Handayani, drr., (2013) melakukan Analisis tekstur, warna dan pola Citra Landsat wilayah Bandung-Garut dan sekitarnya (Gambar 1.6) untuk mengetahui efektivitasnya dalam mengidentifikasi litologi dan struktur geologi. Hasilnya menunjukkan adanya perpaduan antara Cekungan Garut dan Bandung yang membentuk tapal kuda dengan bukaan di sebelah barat. Konfigurasi tapal kuda ini digambarkan oleh endapan piroklastik yang menutupi lereng gunung (wilayah coklat pada Gambar 1.6).

Pegunungan piroklastik yang mengelilingi Cekungan Bandung dan Garut (wilayah biru), sebagian besar berupa gunung api masih aktif dan sebagian lainnya sudah tidak aktif. Di bagian utara Cekungan Bandung terbentuk Gunung Burangrang, Gunung Tangkubanparahu, Gunung Bukittunggul, Gunung Palasari, dan Gunung Manglayang, serta di bagian selatan terbentuk Kompleks Gunung api Patuha dan Malabar. Sedangkan, di bagian selatan dan timur Cekungan Garut terbentuk Gunung Papandayan, Gunung



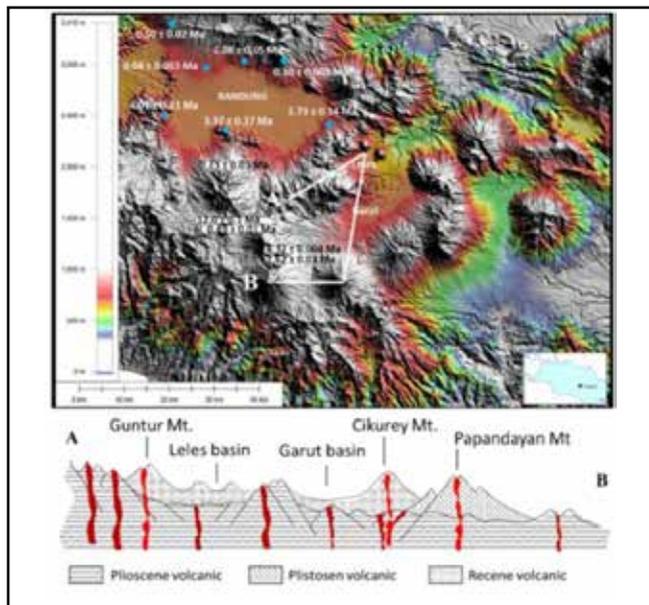
Gambar 1.6. Atas: Interpretasi Geologi dari Citra Landsat yang dilakukan oleh L. Handayani, drr., (2013) dan bawah: peta sebaran pola struktur geologi yang berkembang hasil interpretasi Smith, W.H., drr., (1997), dalam Haryanto, drr., (2017).

Cikuray, Gunung Talagabodas, Gunung Karaha, dan Gunung Sadakeling. Di bagian barat Cekungan Garut yang berbatasan dengan Cekungan Bandung terbentuk endapan aliran lava yang relatif lebih muda (wilayah ungu pada Gambar 1.6) hasil aktivitas erupsi dari kompleks Gunung Guntur, Kamojang, dan Darajat.

Selanjutnya pada periode Kuartar (2 juta tahun lalu), material vulkanik di sekitar tinggian Cekungan Garut mendominasi wilayah pegunungan yang berasosiasi dengan letusan (erupsi) gunung api

sebelumnya yang ada disekitarnya, diantaranya erupsi Gunung Cikuray, Gunung Papandayan, Gunung Talagabodas, dan Gunung Guntur yang membentuk keragaman batuan berupa breksi, lava, lahar, dan tufa yang mengandung kuarsa. Kenampakannya di lapangan saling menindih pada lembah antar gunung membentuk endapan koluvium. Sedangkan, pada daerah pedataran yang luas, didominasi oleh material volkanoklasik berupa pasir, kerakal, kerikil, dan lumpur membentuk endapan aluvium sungai bahkan dibeperapa tempat membentuk endapan aluvium rawa dan danau. Koluvium dan aluvium tersebut melapuk menjadi tanah yang subur sebagai tempat tumbuhnya vegetasi yang beranekaragam.

Vulkanisme di Cekungan Garut masih bertahan hingga kini, sejak Pliosen terus menghasilkan letusan ganda dari beberapa pusat vulkanik. Hal ini dibuktikan dari sampel batuan yang diambil di bawah permukaan melalui pengeboran panas bumi oleh perusahaan



Gambar 1.7. Peta sebaran umur K – Ar yang menunjukkan bukti terjadinya erupsi ganda pada Pliosen-Pleistosen, (Sumber: Haryanto, drr., 2017).

minyak (Pertamina) di Gunung Wayang. Penanggalan K - Ar menunjukkan umur batuan vulkanik $12 \pm 0,1$ My, dimana batuan permukaan $0,49 \pm 0,01$ My. Sebagai perbandingan, umur gunung api dari Malabar-Papandayan menunjukkan umur $4,32 \pm 0,004$ My sampai $2,62 \pm 0,03$ My dan sampel singkapan berumur Pleistosen (Soeria-Atmadja, R., dr., 1994; Sunardi, E., 1999), (Gambar 1.7). Apalagi umur batuan vulkaniknya mirip dengan batuan Soreang-Banjaran (Bandung Selatan) yang berumur Pleistosen Akhir. Bukti terjadinya erupsi ganda juga dapat dikenali dari sebaran erupsi Gunung Guntur yang berada di atas bukit vulkanik tua.

Keragaman Struktur Geologi

Keragaman struktur geologi di wilayah Cekungan Garut dapat dijelaskan melalui dua pendekatan hipotesa yang dikemukakan oleh van Bemmelen (1949) dan Hamilton (1979), sebagai berikut:

1. Bemmelen (1949) berpendapat bahwa terbentuknya tataan geologi Cekungan Garut tidak terlepas dari aktivitas tektonik yang kuat di Jawa Barat sehingga batuan sedimen berumur Neogen yang ditindih secara tidak selaras oleh batuan vulkanik berumur Kuartar membentuk struktur lipatan besar yang disertai oleh pensesaran di Zona Bandung menjadi puncak dari geantiklin Jawa Barat yang kemudian runtuh setelah proses pengangkatan berakhir. Pada proses geologi akhir ini, di wilayah Cekungan Garut, terutama di dataran antar gunung terjadi suatu penurunan (depresi) akibat isostasi (proses menuju keseimbangan) dari batuan dasar dan pembebanan batuan sedimen volkanik klasik di atasnya, (Gambar 1.8).
2. Hamilton, (1979), melalui konsep Tektonik Lempeng menjelaskan bahwa proses pembentukan gunung api di Tinggian Cekungan Garut tidak terlepas dari proses pembentukan busur magmatis Sunda yang dikontrol oleh aktivitas penunjaman (subduksi) Lempeng Samudera Hindia yang menyusup sekitar 6-10 cm/tahun di bawah Lempeng Kontinen Asia. Bongkahan (*slab*) lempeng samudera setebal lebih dari 12 km tersebut akan tenggelam ke mantel bagian luar yang bersuhu lebih dari 3000° ,

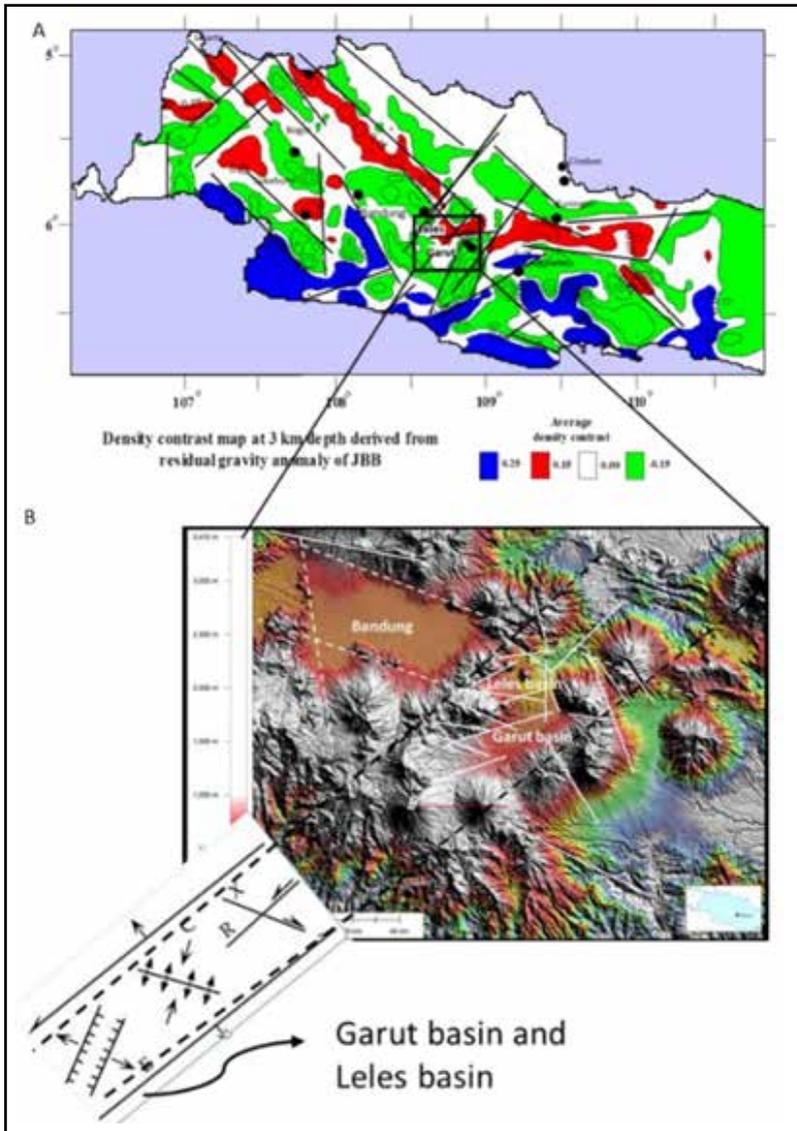


Gambar 1.8. Pola umum struktur geologi daerah Jawa bagian barat. Warna menunjukkan zona fisiografi yaitu zona Dataran Pantai Batavia, zona Bogor, zona Bandung dan zona Pegunungan Selatan serta struktur geologi regional yang terbentuk, (Permana, 2015).

sehingga mengalami pencairan kembali. Akibat komposisi lempeng kerak samudera bersifat basa dan mantel bagian luar bersifat asam, maka pada saat pencairan terjadi asimilasi magma yang memicu Bergeraknya magma ke permukaan membentuk busur magmatis berkomposisi andesitis-basaltis. Setelah terbentuk busur magmatis, pergerakan tektonik internal (*intra-arc tectonics*) selanjutnya bertindak sebagai penyebab utama terjadinya proses perlipatan, pensesaran, dan pembentukan cekungan antar gunung.

• **Keragaman Struktur Geologi Permukaan**

Menurut Alzwar, drr., (1989), keragaman struktur geologi yang dijumpai di Cekungan Garut berupa lipatan, sesar dan kekar. Lipatan yang terbentuk berarah sumbu barat barat-laut-timur tenggara pada Formasi Bentang dan utara barat-laut-selatan tenggara pada Formasi Jampang. Perbedaan arah sumbu ini disebabkan oleh perbedaan tahapan dan intensitas tektonika



Gambar 1.9. Data gravitasi menunjukkan dua pasang sesar yang sejajar dengan arah NE-SW. Cekungan Garut dibentuk oleh sistem geser Riedel (Sunardi, E., (2014, dalam (Sumber: Haryanto, drr., 2017).

pada kedua satuan tersebut. Sesar yang dijumpai adalah sesar normal dan sesar geser, berarah lurus yang umumnya baratdaya-timurlaut (Gambar 1.9). Sesar ini melibatkan batuan-batuan Tersier dan Kuarter, sehingga dapat dikategorikan sebagai sesar muda.

Dari pola arah sesar yang berkembang diperkirakan bahwa gaya tektoniknya berasal dari sebaran selatan-utara dan diduga terjadi pada Oligosen Akhir-Miosen Awal (Sukendar, 1974 dikutip oleh Alzwar, 1989). Maka dapat diduga bahwa sebagian sesar yang tampak merupakan pengaktifan sesar lama yang terjadi sebelumnya. Kemudian Haryanto, drr., (2017) mempertegas pendapat Alzwar drr (1989) melalui interpretasi struktur geologi berdasarkan DEM yang menunjukkan beberapa kelurusan yang dapat diinterpretasikan sebagai struktur sesar dengan arah timur-barat, barat laut-tenggara dan timur laut-barat daya. Kekar, umumnya terjadi pada batuan yang berumur lebih tua, seperti contohnya pada batuan Formasi Jampang dan diorit kuarsa.

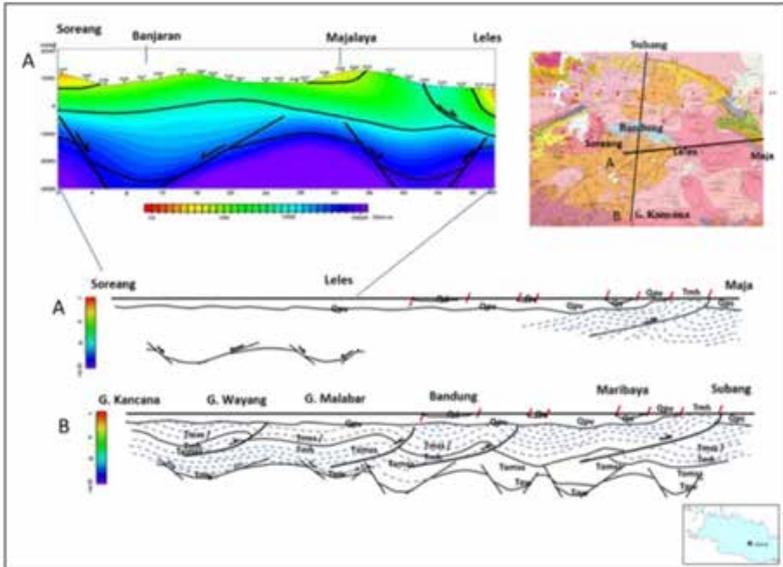
Selanjutnya, dari interpretasi bawah permukaan, dengan menggunakan metode gravitasi, beberapa struktur mirip dengan struktur di permukaan memperlihatkan reaktivasi sesar-sesar lama pada batuan dasar yang mempengaruhi pola struktur di permukaan. Di bawah Cekungan Garut ditemukan dua garis sesar yang sejajar dengan arah horizontal timur laut-barat daya. Garis patahan ini mengontrol distribusi gunung api muda di tinggian Cekungan Garut, sedangkan sesar mendatar mengontrol sebaran gunung api mulai dari Gunung Cakrabuana hingga Gunung Papandayan. Di bagian barat, sesar mengontrol sebaran gunung api tua sekaligus menjadi pembatas Cekungan Garut dengan Cekungan Bandung.

Berdasarkan Gambar 1.9, Haryanto, drr., (2017) berpendapat bahwa geometri Cekungan Garut ini relatif *ellipsoidal*, dengan sumbu panjang berarah timur laut-barat daya, yang berkembang oleh dua *strike slip* yang sejajar satu sama lain. Mengacu pada model geser struktur Riedel, reaktivasi kedua sesar tersebut membentuk

struktur sekunder yang bersifat E- ekstensional; P-geser dan X-geser sehingga dapat diinterpretasikan bahwa Cekungan Garut dibentuk oleh komponen E-ekstensi. Tektonik inilah yang membedakan orientasi Cekungan Garut dengan Cekungan Bandung bahkan dengan cekungan lainnya di Jawa Barat yang umumnya berarah timur-barat (Sunardi, E., 2014). Pengukuran Magnetotelurik (MT) di bawah Cekungan Leles (Gambar 1.10), menunjukkan adanya graben pada batuan dasar (*basement*) yang berkorelasi dengan depresi Leles di atasnya. Kondisi ini menunjukkan adanya reaktivasi sesar lama yang mempengaruhi topografi dan pola struktur di Cekungan Garut.

Pengaktifan kembali sesar-sesar lama pada batuan dasar menurut Haryanto, dr., (2017) terjadi dengan sistem ketajaman yang berbeda. Episode pra-keretakan (*Early Tersier*) terjadi ketika graben terbentuk di bawah sistem afirmasi ekstensional (Martodjojo S, 1984, Hall R., 2007) dan ketika itu pun proses sedimentasi dimulai hingga Pleistosen (Haryanto, Iyan, 2014). Pada periode Tersier Akhir, sesar lama diaktifkan kembali oleh tekanan, mengakibatkan semua batuan Tersier di Jawa terangkat, terlipat dan tersesarkan (Gambar 1.10). Episode tektonik ini menyebabkan wilayah Bandung dan Garut yang termasuk fisiografi Zona Bandung sebagai zona puncak geantiklin Jawa (Van Bemmelen, R.W., 1949, Wilcox, R.E., dr., 1973). Kemudian, pada awal Kuartar, tegangan kompresi tektonik menurun, menyebabkan runtuhnya Geantiklin Jawa yang membentuk cekungan di antara pegunungan.

Keunikan struktur geologi permukaan di Cekungan Garut tersebut diperlihatkan oleh dua sebab yang saling berkaitan, pertama sebagai akibat reaktivasi sesar-sesar lama yang membentuk geser Riedel; dan yang kedua akibat keruntuhan antiklinal. Lapisan yang terkekarkan (rekahan) pada struktur sesar merupakan jalur turunnya magma ke permukaan yang pada akhirnya membentuk barisan gunung api seperti yang terjadi di Cekungan Garut. Dalam hal ini deretan gunung api muda dan gunung api aktif di selatan Cekungan Garut, dikendalikan oleh sepaasang sesar mendatar yang berarah timur laut-barat daya. Kondisi yang sama juga terjadi pada rangkaian gunung api tua yang menjadi batas dataran tinggi Garut

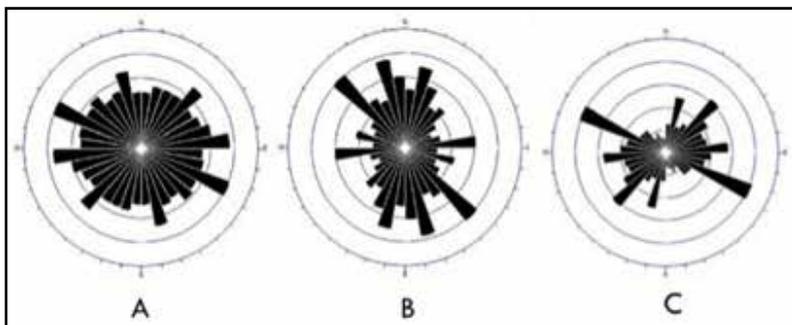


Gambar 1.10. Graben di bawah Cekungan Leles menunjukkan reaktivasi sesar pada basement (Handayani, L., 2013) dan dimodifikasi dari Sunardi E., 2014 oleh Haryanto, dr., 2017)

dengan dataran tinggi Leles dalam Cekungan Garut.

Indikasi pengaruh struktur geologi juga dapat terlihat pada pola rekahan yang membentuk pola aliran sungai. Pada gunung api aktif muda sungai yang umumnya berpola radier hingga semi radier umumnya menunjukkan adanya pengaruh struktur geologi cukup tinggi apalagi getaran gempa bumi sering terjadi, sedangkan pada gunung api tua yang umumnya membentuk pola aliran sungai semi-radier hingga non-radier menunjukkan pengaruh struktur tidak signifikan. (Gambar 1.11).

Keunikan struktur geologi terindikasi dengan adanya struktur sesar pada pola drainase pedataran Cekungan Garut, tercermin dari bentuk sungai Cimanuk Hulu yang memiliki banyak tikungan berhimpitan dengan *alinyemen* lembah lereng di sekitar gunung, seperti pada Gunung Sangianganjung, Bukit Malang, dan Gunung



Gambar 1.11. A. Retakan roset pada gunung berapi aktif, B. retakan roset pada gunung api muda yang dipengaruhi oleh struktur geologi, C. retakan roset pada perbukitan vulkanik tua (digambar oleh Aji Dermawan).

Cakrabuana. Indikasi sesar ditunjukkan dengan adanya lembah yang sempit, panjang, lurus, asimetris dan curam. Indikasi lainnya adalah pola drainase vulkanik tua yang berbentuk segi empat dan teralis. Kedua pola tersebut menunjukkan pengaruh struktur geologi (Howard dan Arthur David, 1967).

• ***Keragaman Struktur Geologi Bawah Permukaan***

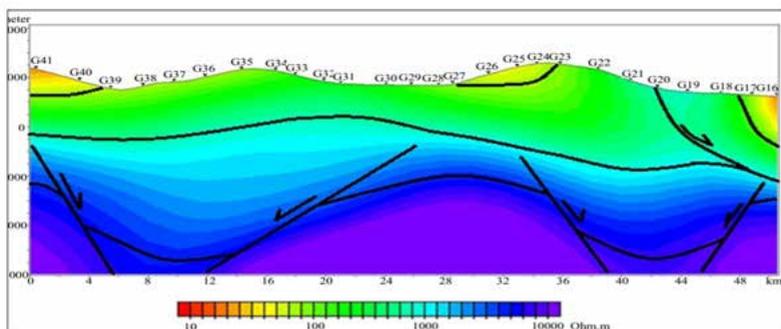
Cekungan yang terbentuk di wilayah Bandung Raya dan Garut Utara adalah dua zona depresi besar yang berdekatan. Cekungan ini merupakan cekungan intra-gunung yang terbentuk secara alami di antara gunung-gunung api aktif. Perbukitan dan lembah di daerah ini menunjukkan indikasi beberapa kekuatan tektonik kuat yang membentuk lipatan dan patahan besar (Dam, 1994). Evolusi tektonik mungkin melibatkan beberapa gaya ekstensional yang mungkin membentuk cekungan tarikan sebagai produk dari dua sesar geser sejajar atau lebih (Titus, dr., 2002; Handayani dan Harjono, 2012).

Data anomali gayaberat Bouguer yang disusun oleh L. Handayani, dr., (2013) juga menunjukkan adanya beberapa zona anomali rendah di sekitar Cekungan Garut yang dikelilingi oleh zona anomali tinggi dan dua survey pengukuran magnetotelurik (MT) telah dilakukan di wilayah Cekungan Garut untuk memetakan area bawah permukaan yang dapat menjelaskan proses evolusi tektonik

Cekungan Garut dengan menggunakan model tahanan jenis bawah permukaan.

Secara umum, hasil interpretasi yang dilakukan L. Handayani, dr., (2013), menunjukkan model bawah permukaan (Gambar 1.12 dan 1.13) berupa bentuk cekungan. Daerah resistivitas rendah (kurang dari 100 Ohm.m atau daerah kuning sampai merah pada gambar) yang muncul di beberapa tempat dekat permukaan dapat dikaitkan dengan sedimen lepas (Dobrin dan Savit, 1988). Batuan resistivitas menengah (100 hingga 1000 Ohm.m atau area hijau dalam gambar 1.12) dapat berupa endapan sedimen dan/atau batuan beku felsik (Dobrin dan Savit, 1988). Dan batuan dengan resistivitas tinggi (lebih dari 1000 ohm.m atau daerah biru-ungu) dapat berupa endapan sedimen keras atau batuan beku (Dobrin dan Savit, 1988). Lapisan resistivitas tertinggi (ungu) ini bisa jadi merupakan batuan beku atau batuan dasar yang lebih tua.

Kehadiran cekungan pada kedalaman pada kedua model resistivitas (Gambar 1.12) menunjukkan kemungkinan setidaknya dua tahap proses tektonik yang terjadi di wilayah Cekungan Garut sebagai bagian dari evolusi ini. Ide tahap evolusi tektonik Zona Bandung diilustrasikan pada Gambar 1.13. Pertama, rezim ekstensi mulai mempengaruhi proses geologi oleh aktivitas sesar normal yang mengembangkan beberapa kompleks horst-graben. Struktur

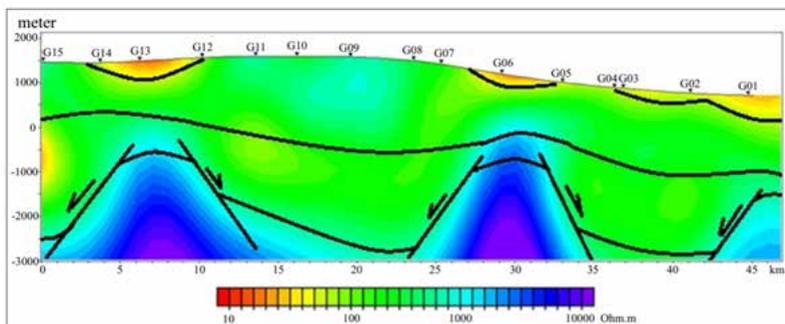


Gambar 1.12. Model Resistivitas Dua Dimensi (Barat-Timur) Ruas Garis Utara, (Sumber: L. Handayani, dr., 2013).

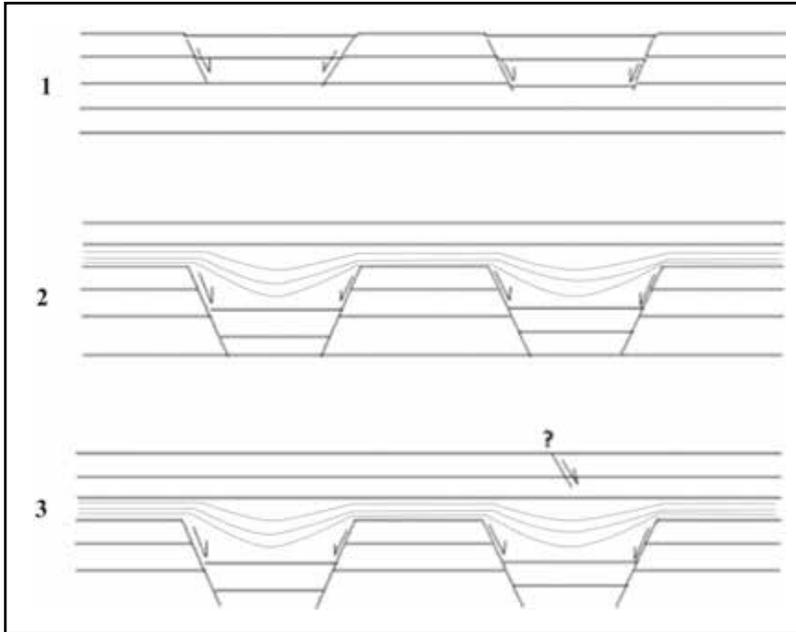
horst-graben ini mungkin terkait dengan cekungan tarik sebagai akibat dari perpanjangan di akhir Tersier (Van Bemmelen, 1949). Kemudian pada tahap kedua, gaya ekstensi berhenti. Tektonik yang relatif stabil mengakibatkan terbentuknya lapisan horizontal yang tidak hanya mengisi cekungan tetapi juga menutupi daerah tersebut. Tektonik yang stabil ini tampaknya berlanjut hingga saat ini.

Fitur resistivitas tinggi yang sempit di ujung timur Garis Utara (Gambar 1.13) menunjukkan gangguan pola lapisan yang agak kontinu. Gangguan ini bisa diartikan sebagai kesalahan biasa. Oleh karena itu, ada kemungkinan gaya ekstensi baru-baru ini muncul kembali dan membentuk sesar normal sebagai salah satu akibatnya (kemungkinan tahap ketiga). Sayangnya, model bawah permukaan ini tidak dapat menjelaskan lebih jauh Zona Bandung yang luas seperti yang diharapkan. Survei dua garis terlalu sedikit untuk mencakup studi tektonik daerah tersebut. Namun demikian, informasi bawah permukaan baru ini telah cukup mengungkapkan beberapa sejarah tektonik Zona Bandung.

Dengan segala keterbatasannya, survei magnetotellurik di Zona Bandung khususnya di Cekungan Garut yang dilakukan oleh L. Handayani, dr., (2013), berhasil mengkonfirmasi keberadaan cekungan pada kedalaman lebih dari 1 km, di bawah lapisan horizontal yang tebal dari deposit sedimen. Model bawah



Gambar 1.13. Model resistivitas dua dimensi (Barat-Timur) penampang Garis Selatan, (Sumber: L. Handayani, dr., 2013).



Gambar 1.14. Sketsa kemungkinan evolusi tektonik Zona Bandung pada tiga tahap: (1) tahap ekstensi yang mengembangkan struktur horst-graben; (2) penghentian ekstensi, dengan horst-graben yang berkembang penuh yang kemudian ditutupi oleh deposisi selanjutnya; (3) kemungkinan tahap awal ekstensi lain, (Sumber: L. Handayani, drr., 2013).

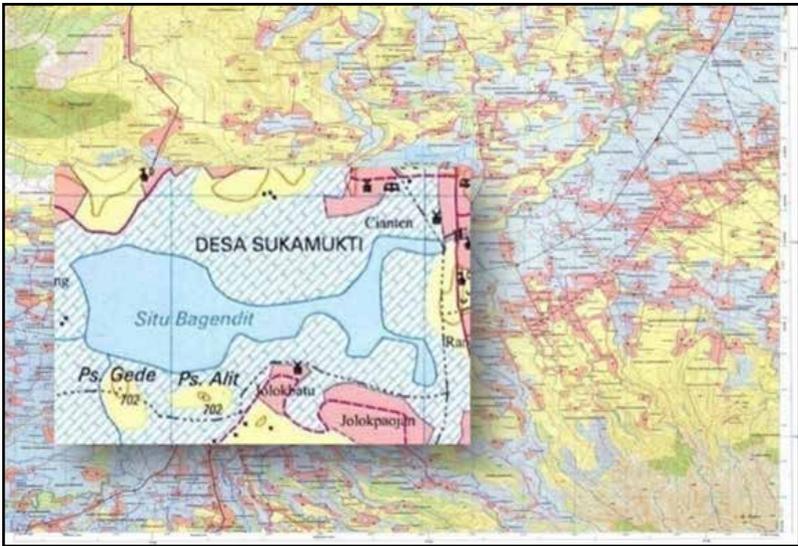
permukaan mungkin menunjukkan setidaknya dua tahap proses tektonik di wilayah tersebut. Tahap pertama adalah proses ekstensi yang mengembangkan struktur horst-graben. Tahap kedua adalah pelapisan horizontal yang menunjukkan rezim tektonik yang stabil. Selain itu, ada kemungkinan tahap ketiga yang mungkin terjadi baru-baru ini. Rezim ekstensi tampaknya diaktifkan kembali seperti yang ditunjukkan oleh sesar normal yang mencapai permukaan di salah satu model.

BAGENDIT

*Situ di Lingkung
ku Gunung*

Situ Bagendit yang indah itu nampak di *Lingkung ku Gunung* (di kelilingi oleh gunung). Hal ini mulai populer pada tahun 1920-an. Pada tahun itu Situ Bagendit mulai banyak dikunjungi oleh wisatawan ditandai dengan adanya hotel dan beragam fasilitas yang tersedia hingga Garut dijuluki sebagai *Swiss Van Java*. Saat itu, hamparan danau yang luas memiliki panorama alam yang indah, berair jernih, dan hijau, serta disekelilingnya menjulang tinggi gunung-gunung vulkanik, seperti Gunung Cikuray, Gunung Guntur, Gunung Papandayan, Gunung Talagabodas, Gunung Haruman, dan gunung-gunung lainnya. Namun, ketika Perang Dunia II berlangsung obyek wisata ini hancur berikut hotel yang berada di sekitarnya. Pada tahun 1980-an, pemerintah dan berbagai pihak berusaha merestorasi obyek wisata di wilayah Cekungan Garut khususnya Situ Bagendit agar dapat mengembalikan pamornya sebagai salah satu ikon *Swiss van Java*. Upaya ini sebagian telah terwujud dan perlahan wisatawan mulai berdatangan.

Kawasan Situ Bagendit yang berjarak 4 km dengan waktu tempuh sekitar 30 menit dari pusat Kota Garut, secara geografis berada pada posisi koordinat $7^{\circ} 9'42''S$ $107^{\circ} 56'37''E$ dan beralamat di Jl. K.H. Hasan Arif / jalan raya Banyuresmi, tepatnya di wilayah Desa Sukamukti, Kecamatan Banyuresmi, Kabupaten Garut, sebagaimana terlihat pada Gambar 20. Situ ini berbatasan langsung dengan Kampung Rancapare di sebelah utara, Kampung Jolokbatu dan Jolok Paojan di sebelah selatan, Kampung Rancakujang dan Rancapari di sebelah timur, serta Kampung Kiaralawang di sebelah barat. Akses menuju danau ini sangatlah mudah ditambah dengan jalan yang lumayan lebar dan bagus.



Gambar 2.1.Peta Rupabumi yang menunjukkan keberadaan Situ Bagendit, Kabupaten Garut.

Situ diartikan danau, merupakan genangan air dipermukaan bumi yang terbentuk secara alami maupun buatan oleh kondisi geologi dan siklus hidrologi yang berlangsung. Sedangkan kata Bagendit menurut legenda berasal dari kata Endit. Beberapa orang percaya bahwa kadang-kadang kita bisa melihat lintah sebesar

kasur di dasar danau. Konon, hal itu sebagai penjelmaan Nyai Endit yang tidak berhasil kabur dari jebakan air bah karena Nyai Endit yang kikir dan tamak tidak mau meninggalkan rumahnya, takut kehilangan hartanya. Akhirnya, Ia tenggelam bersama dengan harta bendanya, sementara penduduk yang lain berhasil selamat. Itulah legenda asal mula danau yang di kemudian hari dinamakan Situ Bagendit, sebuah danau yang menghiasi Kota Garut.

Kini, Situ Bagendit memiliki luas kawasan sekitar 124 ha, terbagi menjadi tiga kelompok wilayah penggunaan, yaitu areal badan air, areal sempadan danau, dan areal sempadan yang berubah menjadi lahan pertanian sawah. Luas badan air eksisting seluas 87,57 ha dengan pemanfaatan penggunaan lahan wilayah daratan seluas 36,43 ha. Kedalaman air rata-rata saat ini 2,20 m dengan kedalaman sedimen rata-rata eksisting 3,20 m dan volume tampung air eksisting Situ Bagendit sekitar 1.751.408 m³. Situ Bagendit berada pada ketinggian 700 mdpl, memiliki konfigurasi umum lahan datar dan berbukit. Beberapa bagian kawasan Situ Bagendit berbatasan langsung dengan lahan pertanian sawah yang tumbuh di atas dua jenis tanah, yaitu tanah andosol dan aluvial.

Secara geologi, awal mula terbentuknya Situ Bagendit berkaitan dengan proses vulkanisme di dataran tinggi Garut. Ketika itu, erupsi gunung-gunung berlangsung beberapa kali secara sporadis selama periode Kuartar yang menghasilkan keragaman batuan berupa breksi, lava, lahar, dan tufa mengandung mineral kuarsa. Selanjutnya di antara gunung-gunung di seputaran tinggian Garut mengalami proses penurunan (depresi) akibat isostasi (proses menuju keseimbangan) yang akhirnya membentuk Cekungan Garut. Pada lembah dan wilayah yang paling rendah menjadi tempat mengalirnya air dan parkir air (genangan). Aliran air itu dikenal sebagai Sungai Cimanuk dan genangan air yang tidak pernah surut menjadi danau permanen kini di kenal sebagai Situ Bagendit. Sedangkan batuan yang melandasi Situ Bagendit masih bisa dikenali berupa dominasi material vulkanik tua yang berasosiasi dengan hasil letusan (erupsi) beberapa gunung api di sekitarnya, seperti Gunung Cikuray, Gunung Papandayan, dan Gunung Guntur.



Gambar 2.2. Panorama Situ Bagendit dengan latar belakang Komplek Gunung Gede (Guntur pada tahun 2015 terlihat masih alami belum ada penataan selayaknya kawasan wisata).

Dalam Rencana tata ruang, Situ Bagendit berstatus sebagai kawasan perlindungan setempat yang ditetapkan Gubernur Jawa Barat melalui Perda Jabar Nomor 1 tahun 2013 tentang Pedoman Pelestarian dan Pengendalian Pemanfaatan Kawasan Lindung khususnya bagi wilayah Kecamatan Banyuresmi. Kendati demikian, Pemda Garut dalam hal ini Dinas Kebudayaan dan Pariwisata memanfaatkan kawasan Situ Bagendit untuk kegiatan pariwisata. Pemanfaatan kawasan lindung sebagai obyek wisata perlu kehati-hatian karena penetapan sebagai kawasan lindung bertujuan melindungi ekosistem kawasan dan kelebihan air Situ Bagendit dapat dimanfaatkan untuk pengairan, sumber air baku, pengendali banjir, dan tempat wisata alam dan wisata

Pesona situ (danau) satu-satunya yang ada di sekitar Kota Garut menjadi daya tarik wisatawan terutama warga Kota Garut dan sekitarnya. Walaupun saat ini Situ bagendit sedang berbenah, namun kegiatan wisata tetap berjalan apa adanya dan banyak dikunjungi wisatawan terutama pada hari sabtu dan minggu. Kebanyakan wisatawan yang datang tidak begitu memperdulikan keadaan sarana dan prasarana yang ada, mereka datang sekedar menikmati panorama alam Situ Bagendit dan pegunungan yang mengelilingi Cekungan Garut. Ada juga yang datang menikmati alam sambil menikmati wahana apa adanya seperti sepeda air, sewa rakit perahu dan wahana lainnya.



Gambar 2.3. Panorama senja hari di Situ Bagendit berikut fasilitas yang tersedia untuk wisatawan. (Foto: Abd. Muththalib).

Wisatawan yang datang umumnya menggunakan kendaraan umum seperti bus dan kendaraan pribadi seperti mobil dan motor. Kendaraan mereka dapat parkir di area cukup luas yang disediakan pihak pengelola Situ Bagendit. Ada berbagai rute menuju lokasi, salah satunya memanfaatkan rute terminal Garut-Banyuresmi. Lokasi ini berada kurang lebih 5 km dari tempat terminal. Untuk wisatawan yang hendak menggunakan kendaraan umum seperti angkutan umum bisa menuju ke terminal dan menaiki angkutan umum jurusan Garut- Banyuresmi dan berhenti di pintu masuk obyek wisata yang dituju.

Ke depan dengan terbangunnya ruang-ruang daya tarik wisata seperti untuk atraksi wisata, aktivitas wisata, amenitas wisata, *ancillary services*, serta paket wisata edukasi berupa geowisata dan ekowisata, diharapkan jumlah wisatawan dapat terus meningkat dan waktu kunjungan pun dapat dilakukan setiap hari sehingga harapan Presiden Joko Widodo (Jokowi) menjadikan kawasan wisata Situ Bagendit menjadi wisata kelas dunia perlahan dapat terwujud. Sementara, tugas wisatawan adalah menjaga kebersihan danau yang indah ini dengan cara membuang sampah pada tempatnya, hal ini akan berdampak sangat baik bagi bumi yang kita huni.

GUNUNG GUNTUR

Ikon
Cekungan Garut

Frans Junghuhn, seorang berkebangsaan Prusia-Jerman pada tahun 1837 pernah mendaki untuk mengamati perkembangan aktivitas Gunung Guntur dan hasilnya memasukkan gunung ini pada golongan gunung-gunung api paling aktif di Jawa. Kini oleh PVMBG, Badan Geologi dikategorikan tipe A, yaitu gunung api yang tercatat pernah mengalami erupsi magmatik sekurang-kurangnya satu kali sesudah 1600. Fenomena yang unik pada Gunung Guntur ketika terjadi erupsi sporadis selama periode (1777-1847) menyebabkan sebagian lahannya memiliki karakteristik berpasir dan gersang mirip padang sabana serta terbentuk bentang alam berupa muntahan aliran lava yang menyerupai "Tapal Kuda". Kegersangan dan keunikan pada Gunung Guntur itu menjadi *landmark* Kota Garut karena terlihat unik berbeda dengan gunung-gunung di sekitarnya. Namun, selama fase istirahat yang cukup lama yaitu 153 tahun, pada sebagian lahannya kembali tumbuh berbagai vegetasi membentuk hutan *Dipterokarp* Bukit, *Dipterokarp* Atas, Hutan *Montane*, dan hutan gunung yang unik. Sementara, pembangunan di kaki gunung ini terus meningkat seiring meningkatnya pembangunan di kawasan wisata Cipanas Tarogong. Hal ini mencerminkan "Di Balik Pesona Alam mengancam Bahaya Geologi".

Masyarakat Garut mengenal gunung yang menjulang tinggi pada koordinat $07^{\circ} 08' 30''$ LS dan $107^{\circ} 20'$ BT atau berada di sekitar kawasan wisata Cipanas Garut sebagai Gunung Guntur. Konon, pada zaman Kolonial Belanda Gunung Guntur dikenalnya sebagai Gunung Kutu atau Donderberg dalam bahasa Belanda. Erupsi besar yang terjadi pada 1829 telah merubah nama Gunung Kutu menjadi Gunung Guntur. Sebutan Guntur yang menjadi familiar di masyarakat sekitar karena ketika itu terjadi letusan dahsyat disertai petir dan suara bergemuruh, (Gambar 3.1). Sebenarnya, gunung api stratovolcano dengan ketinggian 1.820 mdpl ini adalah bagian dari Komplek Gunung Gede dengan puncak tertingginya disandang oleh Puncak Gunung Masigit pada ketinggian 2.249 mdpl. Puncak-puncak lainnya adalah kerucut Gunung Parukuyan (2.135 mdpl) dan kerucut Gunung Kabuyutan (2.048 mdpl). Pada Komplek Gunung Gede ini terdapat 13 kawah yang masih aktif maupun tidak aktif, yaitu kawah Ayakan, Picung, Sangiang Buruan, Masigit, Japati, Geulis, Gajah, Parupuyan, Sangiang Jarian, Kabuyutan, Guntur dan Putri. Kawah Japati merupakan kawah yang cukup luas mendekati ukuran kaldera.



Gambar 3.1. Gunung Guntur sebagai bagian dari Komplek Gunung Gede (lingkaran warna merah) di Cekungan Garut, Jawa Barat.

Pada Kompleks Gunung Gede ini, Gunung Guntur paling di kenal, karena mudah dilihat dari Kota Garut yang nampak gundul, gersang, dan berwarna merah bata, serta memiliki keunikan aliran lava berbentuk tapal kuda. Fenomena ini terbentuk akibat erupsi secara terus menerus selama periode 1777 hingga 1847. Wajar keadaan ini menjadikan Gunung Guntur sebagai ikon kota Garut. Kini, sebagian lahannya kembali tumbuh berbagai vegetasi membentuk hutan *Dipterokarp* Bukit, *Dipterokarp* atas, dan Hutan Montane. Hutan-hutan gunung yang jarang tersebut umumnya tumbuh pada besaran curah hujan yang rendah seperti intensitas curah hujan di sekitar Gunung Guntur yang berkisar 1500-2500 mm/tahun, berbeda dengan intensitas curah hujan gunung-gunung lainnya di sekitar Cekungan Garut. Wajar, bila sebagian lahan lainnya di sekitar Gunung Guntur terlihat gersang.

Sebenarnya tidak hanya curah hujan yang kecil, juga disebabkan oleh sifat batuan yang sangat porous, hal ini dibuktikan dengan adanya beberapa sumber mata air di sekitar kaki Gunung Guntur, di antaranya terdapat dua sumber mata air panas yang mengalir ke wilayah Tarogong yang dimanfaatkan sebagai kawasan wisata



Gambar 3.2. Gunung Guntur yang gersang namun mempesona dengan keunikan bentang alam berupa muntahan aliran lava yang membentuk Boot ujung berbentuk "Tapal Kuda". (Sumber: Vien Dimiyati, 2019).

pemandian air panas dan satu lagi adalah sumber air dingin yang mengalir ke wilayah sekitar Curug Citiis.

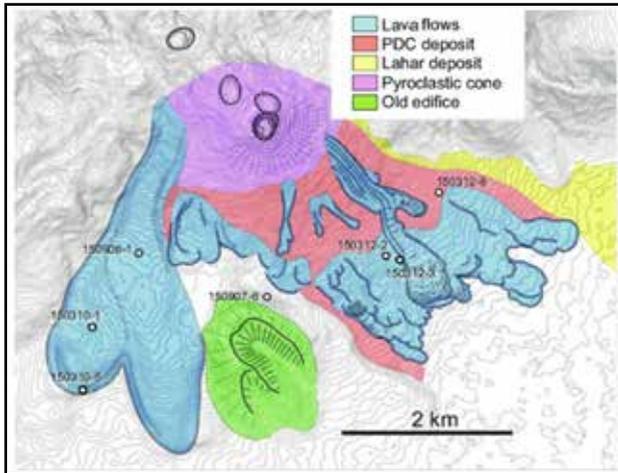
Keragaman Geologi

Keragaman Bentang Alam

Keragaman geologi pada kompleks Gunung Gede yang berada di utara Kota Garut, dicirikan dengan adanya kerucut-kerucut tua bekas titik erupsi yang merupakan satu kesatuan kompleks gunung api yang tidak terpisahkan. Pada Komplek Gunung Gede nampak dua buah kaldera, yaitu Kaldera Pangkalan di sebelah barat dan Kaldera Gandapura di sebelah timur. Dengan terbentuknya kedua kaldera itu maka terbentuk pula rekahan-rekahan yang menjadi tempat aktivitas vulkanisme berikutnya. Aktivitas tersebut menghasilkan kerucut-kerucut gunung api, di antaranya Gunung Gajah, Gunung Gandapura, Gunung Agung, Gunung Picung dan Gunung Batususun. Deretan gunung api yang lebih muda adalah Gunung Masigit, Gunung Sangiang Buruan, Gunung Parupuyan Gunung Kabuyutan dan Gunung Guntur.

Pada Kompleks Gunung Gede, Gunung Guntur merupakan gunung api termuda dan paling aktif sampai sekarang. Gunung Putri yang terletak agak jauh di bagian selatannya diduga salah satu kerucut parasit dari kelompok Gunung Guntur. Komplek Gunung Gede ini di sebelah utara berbatasan dengan dataran tinggi Leles, sedangkan di sebelah timur dan selatan berbatasan dengan Dataran Tinggi Garut dan di sebelah barat berbatasan dengan Gunung Kunci, Sanggar, Rakutak dan Kawah Kamojang.

Tipe strato yang dimiliki Gunung Guntur (Gambar 3.3) merupakan dampak dari erupsi campuran berbagai periode sehingga menyebabkan lerengnya berlapis dan memiliki bermacam-macam jenis batuan vulkanik, antara lain batuan lava basaltis dan andesitis serta endapan piroklastik yang memperlihatkan bentukan asal dari aktivitas gunung api yang relatif muda. Oleh Utari Chandra, dr., (2001), bentang alam Gunung Guntur dikelompokkan menjadi enam satuan geobentang alam (bentang alam), yaitu: bentang alam



Gambar 3.3.
Peta
geomorfologi
Gunung
Guntur yang
disederhanakan.
(Sumber:
Nakasa, drr.,
Feb 2019

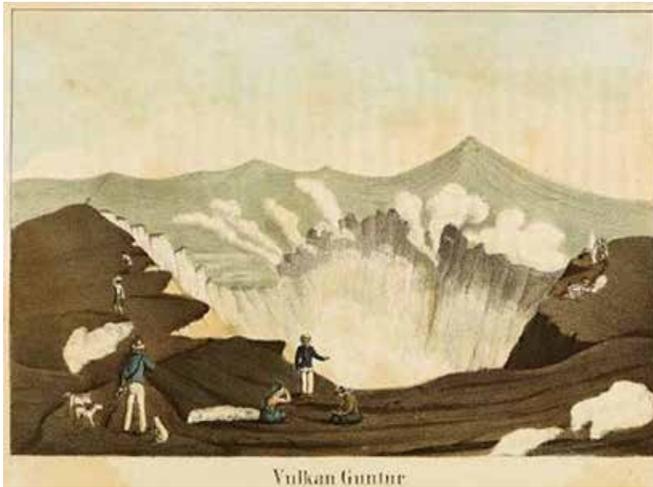
piroklastik *cone* (Kawah), satuan bentang alam aliran lava (*lava flow*), satuan bentang alam lereng lahar tertoreh sedang, satuan bentang alam lereng piroklastik tertoreh lemah, satuan bentang alam kawah tua, dan satuan bentang alam landai.

1. Satuan Bentang Alam Piroklastik *Cone* (Kawah), umumnya berada di puncak Gunung Guntur pada ketinggian antara 1820 mdpl hingga 2249 mdpl. Secara keseluruhan di Komplek Gunung Gede terdapat 13 kawah yang masih aktif maupun tidak aktif, yaitu kawah Ayakan, Picung, Sangiang Buruan, Masigit, Japati, Geulis, Gajah, Parupuyan, Sangiang Jarian, Kabuyutan, Guntur, Japati dan Putri.
2. Satuan Bentang Alam Aliran Lava (*Lava Flow*), dibangun oleh aliran lava produk gunung api Guntur yang terletak pada lereng tengah dan lereng bawah dengan kemiringan berkisar 15° - 45° . *Lava flow* ini merupakan hasil erupsi tahun 1847 yang mengalir kearah selatan dan membentuk cabang pada bagian ujungnya.
3. Satuan Bentang Alam Lereng Lahar Tertoreh Sedang, merupakan bagian dari lereng Gunung Guntur yang tersebar di sebelah selatan dan tenggara dengan kemiringan sekitar 30 - 45°

dan berada pada ketinggian 1.700 - 800 m dpl. Pola aliran sungai yang terdapat adalah sub radier dan sub paralel, tertoreh sedang dengan lembah berbentuk V berkedalaman maksimum antara 25 - 30 m. Batuan penyusunnya adalah lava dan piroklastik dengan tutupan lahan berupa kebun dan alang-alang;

4. Satuan Bentang Alam Lereng Piroklastik Tertoreh Lemah, berada pada lereng bagian bawah Gunung Guntur yang tersusun oleh batuan lava dan piroklastik. Kenampakan morfologinya memperlihatkan kemiringan yang relatif landai hingga sedang dengan torehan yang lemah. Lembah-lembah sungai yang terbentuk berkedalaman antara 5 - 10 meter dan berbentuk huruf V dangkal. Bentang alam ini berada pada ketinggian 800 - 750 mdpl dengan kemiringan lereng maksimum sekitar 10° - 20° . Tutupan lahan bentang alam ini berupa pemukiman, kebun dan persawahan;
5. Satuan Bentangalam Perbukitan Piroklastik Landai dengan kemiringan kurang dari 15° , umumnya terdapat di daerah pemukiman, seperti Kota Garut, Kadung Ora, Leles, Tarogong dan Cipanas. Sedang kemiringan yang terjal terdapat di sekitar puncak Gunung Guntur. Tutupan lahannya berupa kebun, alang-alang dan pemukiman.
6. Satuan Bentang Alam Kawah Tua Tertoreh, berada di bagian selatan yang memiliki kawah tua berbentuk "Tapal Kuda" dengan bukaan kawah mengarah ke selatan. Tersusun oleh lava, lahar, dan piroklastik. Memiliki kemiringan lereng antara 15° hingga 45° dengan torehan cukup kuat. Lembah-lembah sungai yang terbentuk berkedalaman antara 5 - 10 meter dan berbentuk huruf V dangkal.

Dari ke enam satuan bentang alam yang terdapat di Gunung Guntur, Satuan Kawah Tua Tertoreh memiliki keunikan yaitu pada hasil erupsi 1847 berupa muntahan aliran lava yang membentuk Boot dan pada ujungnya menyerupai "Tapal Kuda", (Gambar 3.2). Fenomena geologi yang langka dan mempunyai karakteristik



Gambar 3.4. Litografi oleh Franz Wilhelm Junghuhn diterbitkan pada tahun 1860. Catatan fumarol dari letusan 1847. Gambar milik EGU Blogs, Des 2017.

tertentu itu hanya dijumpai di Gunung Guntur, sehingga layak dilestarikan melalui penetapan sebagai kawasan cagar alam geologi (KCAG) berdasarkan Permen ESDM No. 32 Tahun 2016 dan dapat dimanfaatkan sebagai obyek geowisata.

Keragaman Batuan

Dalam buku Data Dasar Gunung Api (Kusumadinata (1979), karakter Letusan (erupsi) yang bersifat eksplosif terjadi antara 1800 hingga 1847, tercatat tidak kurang dari 21 kali letusan. Letusan itu berulang-ulang dalam tempo pendek, berlangsung paling lama 5 sampai 12 hari. Periode letusan berselang-selang antara 1,2 dan 3 tahun dan ada kalanya letusan terjadi setelah masa istirahat 6 dan 7 tahun. Menurut Purbawinata (1990), letusan Gunung Guntur pada 1840 menghasilkan semburan deposit vulkanik yang mengandung *Low-K tholeiites* dan hampir menutupi kawasan sekitarnya. Aliran lava muda mengalir membentuk lidah panjang yang sempit sepanjang 100 - 500 m.

Komposisi unsur utama batuan pada Gunung Guntur menunjukkan bahwa kandungan silikat pada batuan *Low-K tholeiites* sebesar 50,96% sehingga batuan ini dikategorikan sebagai batuan beku dengan struktur skori (*scoria*). Struktur skori merupakan salah satu jenis lava atau lapili magmatik berstruktur vesikular (berongga), tidak berserat, agak berat dan cenderung tenggelam di dalam air. Skori Gunung Guntur sebagian besar berwarna coklat kemerahan yang disebabkan oleh proses oksidasi. Batuan ini berasal dari magma yang berkomposisi basaltik (Direktorat Vulkanologi Indonesia, 2010).

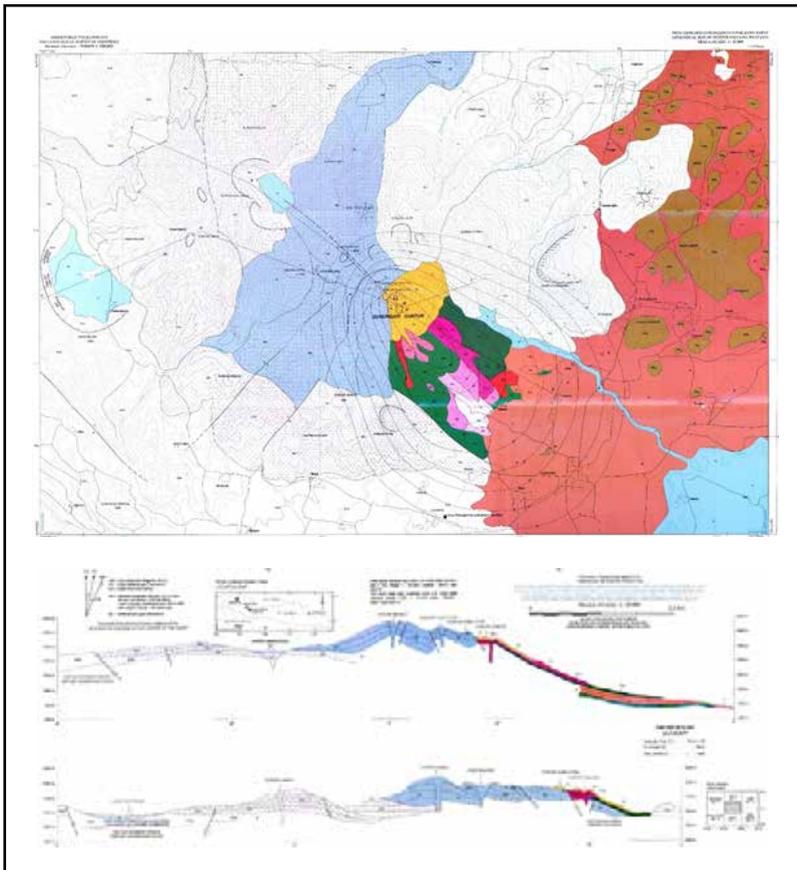
Patut disyukuri keberadaan Peta Geologi Gunung api Guntur, Jawa Barat skala 1 : 25.000 yang merupakan turunan dari peta geologi skala 1 : 100.000 sangat membantu, selain untuk kebutuhan informasi kebencanaan juga sangat bermanfaat sebagai bahan interpretasi dalam kegiatan geowisata. Tentunya dengan skala lebih rinci ini tatanan dan urutan batuan penyusun di Komplek Gunung Gede khususnya di sekitar Gunung Guntur terlihat lebih beragam



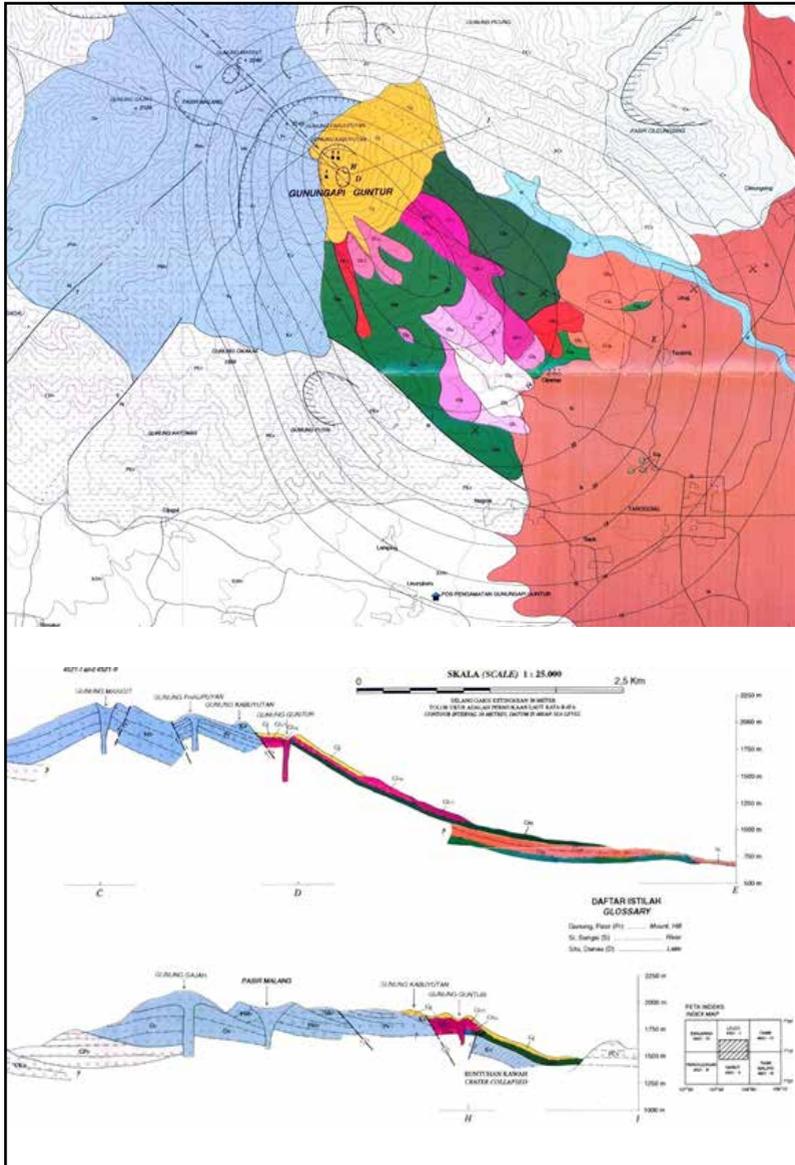
Gambar 3.5. Erupsi Gunung Guntur pada 1840 menghasilkan semburan deposit vulkanik berupa aliran lava muda mengalir membentuk lidah panjang yang sempit sepanjang 100 - 500 m dan hampir menutupi kawasan sekitarnya.

terutama di bagian utara. Batuannya didominasi oleh material vulkanik yang berasosiasi dengan letusan atau erupsi selama periode Kuartar (1,81 jtl) dan berlangsung beberapa kali secara sporadik sehingga menghasilkan material vulkanik berupa breksi dan tufa yang banyak mengandung kuarsa maupun lahar.

Lava ini berkomposisi basaltis (SiO_2 51,29%), porfiritik dengan komposisi mineral olivine, augit, hipersten, plagioklas dan magnetit



Gambar 3.6a. Peta dan Penampang Geologi Komplek Gunung Gede Garut, (Sumber: PVMBG, Badan Geologi, 2014).



Gambar 3.6b. Peta dan Penampang Geologi Gunung Guntur, merupakan cuplikan dari Peta Komplek Gunung Gede Garut (Gambar 3.6a), (Sumber: PVMBG, Badan Geologi, 2014).

	Batas satuan batuan; Garis putus-putus bila diperkirakan <i>Lithologic unit boundary;</i> <i>Dashed where inferred</i>		Lokasi penambangan pasir <i>Sand mining</i>
	Sesar Normal Garis putus-putus bila diperkirakan; Titik-titik bila terpendam N : Bagian yang naik; T : Bagian yang turun <i>Normal Fault;</i> <i>Dashes where inferred; Dots when concealed</i> N : <i>Uphrown side; D : Downthrown side</i>		Garis penampang geologi <i>Geologic section line</i>
	Kelurusan berdasarkan penafsiran potret udara <i>Lineament based on aerial photograph interpretation</i>		Kontur isopak untuk Jatuhana Piroklastika Guntur, letusan 1840-1847 dengan angka ketebalan (dalam cm) <i>Isopach line contour for Guntur Pyroclastic Fall of the 1840-1847 eruption with the thickness in cm</i>
	Kelurusan dan arah perkembangan titik erupsi <i>Lineament and eruption development direction</i>		Jalan utama <i>Main road</i>
	Dinding kaldera <i>Caldera rim</i>		Jalan kelas II <i>Secondary road</i>
	Dinding kawah; Garis putus bila letaknya diperkirakan <i>Crater rim; Dashed where inferred</i>		Sunga, <i>River</i>
	Kubah lava / <i>Lava dome</i>		Garis sama tinggi setiap 100 meter <i>Contour interval 100 metres</i>
	Tepi dinding longsor, <i>Landslide plane</i>		Titik ketinggian <i>Spot height</i>
	Solfatara <i>Solfatar</i>		Pemukiman <i>Settlement</i>
	Mataair panas <i>Hot spring</i>		Pos Pengamatan Gunungapi Guntur <i>Guntur Volcano Observatory</i>
	Danau kawah <i>Crater lake</i>		

Gambar 3.6c. Lambang Geologi dan Topografi sebagai keterangan gambar 3.6 berupa peta dan penampang geologi Gunung Guntur. (Sumber: PVMBG, Badan Geologi, 2014).

sebagai fenokris dalam masadasar gelas. Bagian permukaan berbongkah-bongkah dengan sudut tajam dan berovesikular. Sedangkan hasil erupsi tahun 1840 mengalir kearah tenggara dan berakhir di daerah Cipanas. Aliran ini membentuk tanggul pada bagian tepinya dan cekung pada bagian tengahnya. Aliran lava ini berkompisisi basaltis (SiO_2 51,56%), porfiritik dengan olivine, augit, hipersten plagioklas dn magnetit sebagai fenokris dalam masadasar gelas. Bagian tengah tampak berbongkah-bongkah dengan sudut tajam dan berovesikular (Direktorat Vulkanologi Indonesia, 1998).

**KETERANGAN
EXPLANATION**

- a** **Alerial**
Alerial ditemukan di sepanjang aliran sungai Citar, Cimahi Kawah Gunung dan Datar Pagiakan. Terutama susut fragmen batuan beku dalam matrik pasir, berkilau gelap.
- Alerial**
Alerial deposits is found along Citar, Cimahi river, Gandapura Crater and Lake Pangkajene. The deposits are composed of loose sand and gravels.
- b** **Lahar**
Lahar tersusun atas blok-blok lava asidat dari basal, berukiran kerakal-bongkah, membundar-membundar tanggung, tertanam dalam matriks pasir kasar. Endapan ini dijumpai di sekitar Kampung Ujung di dan sebelah utara kampung Nagrik.
- Lahar**
Lahar consists of andesitic and basaltic lava blocks, pebble-cobble, rounded and rounded, set in coarse sandy matrix. This deposits are found at Ujung Village and north of Nagrik Village.
- c** **Jatuhkan Peroklastika Guntur**
Terkonsentrasi di bagian puncak 11 Guntur dan sebagian menyempit ke arah utara dan tenggara. Endapan terutama susut akrona dan litik basaltik berwarna hitam, berukiran busuk, terpilah baik, berlapas baik dengan ketebalan berkisar antara 4 - 34 cm. Endapan terdapat dari basal letusan 1840-1847.
- Guntur Pyroclastic Falls**
It is concentrated on the summit area of Guntur and another ones spread out toward the north and southeast from the source. These deposits are composed by scoriae and basaltic lithics, dark in colour, well sorted and stratified ranging from 4 - 34 cm thick. The deposit consist of eruption products of 1840-1847.
- d** **Aliran Lava 17 Guntur**
Mempunyai aliran lava basal berupa G. Guntur tahun 1840 yang mengalir ke arah tenggara dan berakir di daerah Cipanas sekitar 400 m sebelah utara lokasi wisata pemaduan Cipanas, membentak tanggul pada bagian terapan dan sedang pada bagian tanggulnya. Lava ini berkomposisi basal (SiO₂ 51,56%), perphyritik dengan olivin, agait, hipersten, plagioklas dan magnetit sebagai fenokris dalam matriks gelas. Di bagian permukaan tampak berongkah-bongkah dengan sudut tajam dan berveksilar.
- Guntur Lava Flow 17**
Lava Flows of Guntur 17 were originated from the 1840 Guntur eruption flowing to the southeast from the source and end at Cipanas, at about 400 m north of the Cipanas hot spring. It forms levee is typical of less viscous lava. Basaltic composition (SiO₂ 51,56%), porphyritic with olivine, augite, hypersthene and magnetite as main phenocryst set in glassy groundmass. Surface structure shows vesicles and angular blocky.
- e** **Aliran Lava 16 Guntur**
Lava Guntur 16 mengalir ke tenggara dari sumber, berkomposisi basal, perfortik dengan olivin, agait, hipersten, plagioklas dan magnetit sebagai fenokris dalam matriks gelas. Di bagian permukaan tampak berongkah-bongkah dengan sudut tajam dan berveksilar.
- Guntur Lava Flow 16**
Guntur Lava 16 flowing to the southeast from the source is basaltic composition, porphyritic with olivine, augite, hypersthene, plagioclase and magnetite as main phenocryst set in glassy groundmass. This lava shows angular blocky and vesicles on the surface.
- f** **Aliran Peroklastika 3 Guntur**
Aliran peroklastika Guntur 3 memperlihatkan pola sebaran berbentuk kipas yang merambat dari puncak 2 Guntur ke arah tenggara. Endapan terutama susut fragmen lava basaltik dan akrona dari bom vulkanik dengan struktur litik, ini menghambur dalam matrik pasir kasar berwarna abu-abu kehijauan.
- Guntur Pyroclastic Flow 3**
The pyroclastic flow of Guntur form a fan shaped distribution flowing to the southeast from the source. This deposits is composed by andesitic and basaltic lava blocks and scoriae from volcanic bomb ranging from 3 - 20 cm in diameter floated in the ash matrix, dark grey in colour.
- g** **Aliran Lava 15 Guntur**
Lava Guntur 15 berkomposisi basal, perfortik dengan olivin, agait, hipersten, plagioklas dan magnetit sebagai fenokris dalam matriks gelas. Permukaan aliran lava memperlihatkan struktur berongkah-bongkah dengan sudut tajam dan berveksilar. Lava ini mengalir ke arah tenggara dan berakir di bagian timur laut Guntur 17.
- Guntur Lava Flow 15**
Basaltic composition, porphyritic with olivine, augite, hypersthene, plagioclase and magnetite as main phenocryst set in glassy groundmass. The surface of this lava flow shows angular blocky and vesicularity. It flowed to the southeast from the source and site on the northeast of Guntur Lava 17.
- h** **Aliran Lava 14 Guntur**
Susunan ini terbentuk dari aliran lava berlapas pada bagian tanggul yang mengalir ke arah selatan dari sumber. Lava ini berkomposisi basaltik (SiO₂ 51,29%), perfortik dengan olivin, agait, hipersten, plagioklas dan magnetit sebagai fenokris dalam matriks gelas. Di bagian permukaan tampak berongkah-bongkah dengan sudut tajam dan berveksilar.
- Guntur Lava Flow 14**
This unit forms the bifurcation lavas flowing to the south from the source. Basaltic composition (SiO₂ 51,29%), porphyritic with olivine, augite, hypersthene, plagioclase and magnetite as main phenocryst set in glassy groundmass. This lava shows angular blocky on the surface.

- i** **Aliran Lava 13 Guntur**
Lava ini berkomposisi basal, perfortik dengan olivin, agait, hipersten, plagioklas dan magnetit sebagai fenokris dalam matriks gelas. Berongkah-bongkah dengan sudut tajam dan berveksilar di bagian permukaan. Lava ini mengalir ke selatan dan berakir di sebelah barat lava 11.
- Guntur Lava Flow 13**
Porphyritic basalt with olivine, augite, hypersthene, plagioclase and magnetite as main phenocryst set in glassy groundmass. Blocky structure on the surface and vesicularity. This lava flows to the south from the source and stopped at the western of the G1 lava.
- j** **Aliran Lava 12 Guntur**
Lava ini berkomposisi basal, perfortik dengan olivin, agait, hipersten, plagioklas dan magnetit sebagai fenokris dalam matriks gelas. Di bagian permukaan tampak berongkah-bongkah dengan sudut tajam dan berveksilar.
- Guntur Lava Flow 12**
The Guntur lava 12 flowing to the southeast from the source is basaltic composition, porphyritic with olivine, augite, hypersthene, plagioclase and magnetite as main phenocryst set in glassy groundmass. This lava shows angular blocky and vesicularity on the surface.
- k** **Aliran Lava 11 Guntur**
Lava ini berkomposisi basal, perfortik dengan olivin, agait, hipersten dan plagioklas sebagai fenokris dalam matriks gelas. Di bagian permukaan tampak berongkah-bongkah dengan sudut tajam dan berveksilar. Lava ini mengalir ke tenggara dari sumber.
- Guntur Lava Flow 11**
Porphyritic basalt with olivine, augite, hypersthene and plagioclase as the main phenocryst embedded in glassy groundmass. This lava shows angular blocky and vesicularity on the surface, flowing to the southeast from the source.
- l** **Aliran Lava 10 Guntur**
Lava basal, perfortik dengan olivin, agait, hipersten, plagioklas dan magnetit sebagai fenokris dalam matriks gelas. Di bagian permukaan tampak berongkah-bongkah dengan sudut tajam dan berveksilar. Lava ini mengalir ke tenggara.
- Guntur Lava Flow 10**
Porphyritic basalt, phenocryst consist of olivine, augite, hypersthene, plagioclase and magnetite embedded in glassy groundmass. This lava shows angular blocky-vesicularity on the surface, flows to the southeast from the source.
- m** **Aliran Lava 9 Guntur**
Lava ini berkomposisi basal, perfortik dengan olivin, agait, hipersten dan plagioklas sebagai fenokris dalam matriks gelas. Di bagian permukaan tampak berongkah-bongkah dengan sudut tajam dan berveksilar. Lava ini mengalir ke tenggara dari sumber.
- Guntur Lava Flow 9**
Porphyritic basalt with olivine, augite, hypersthene and plagioclase as the main phenocryst set in glassy groundmass. This lava shows angular blocky vesicularity on the surface, flows to the southeast from the source.
- n** **Aliran Lava 8 Guntur**
Lava basal, perfortik dengan olivin, agait, hipersten, plagioklas dan magnetit sebagai fenokris dalam matriks gelas. Di bagian permukaan tampak berongkah-bongkah dengan sudut tajam dan berveksilar. Lava ini mengalir ke arah tenggara dari sumber.
- Guntur Lava Flow 8**
Porphyritic basalt, phenocryst consist of olivine, augite, hypersthene, plagioclase and magnetite embedded in glassy groundmass. This lava shows angular blocky-vesicularity on the surface, flows to the southeast from the source.
- o** **Aliran peroklastika 2 Guntur**
Tersebar di sebelah selatan-tenggara Kawah Guntur membentuk kipas pada bagian tanggulnya. Terutama susut blok-blok lava dan bom vulkanik dengan matrik pasir kasar berwarna abu kehijauan hingga kecoklatan (tapi) dan berkilau kuning pada blok-blok basaltik, berwarna kehijauan, berukuran 5 cm hingga bongkah. Item vulkanik berukuran rata-rata 5 - 8 cm dan berstruktur kerak kasar, tampak ditambak pada bagian permukaan alirannya.
- Guntur Pyroclastic Flow 2**
The pyroclastic flow 2 of Guntur form fan distribution flowing to the south over southeast from the source. This deposits is composed by basaltic lava blocks and scoriae volcanic bomb ranging from 3 - 8 cm in diameter embedded in the ash matrix, dark grey in colour.
- p** **Aliran Lava 7 Guntur**
Lava Guntur 7 berkomposisi basal, perfortik, tektonik, fenokris terdiri dari olivin, agait, hipersten, plagioklas dan magnetit dalam matriks gelas. Di bagian permukaan tampak berongkah-bongkah dengan sudut tajam dan berveksilar. Lava ini mengalir ke selatan.
- Guntur Lava Flow 7**
Guntur lava 7 is Porphyritic basalt, phenocryst consists of olivine, augite, hypersthene, plagioclase and magnetite set in glassy groundmass. This lava shows angular blocky and vesicularity on the surface, flowed to the south from the source.
- q** **Aliran Lava 6 Guntur**
Lava ini berkomposisi basal, perfortik dengan olivin, agait, hipersten, plagioklas dan magnetit sebagai fenokris dalam matriks gelas. Di bagian permukaan tampak berongkah-bongkah dengan sudut tajam dan berveksilar. Lava ini mengalir ke selatan.

Gambar 3.6e. Deskripsi satuan peta geologi Komplek Gunung Gede Garut. (Sumber: PVMBG, Badan Geologi, 2014).

	<p>Guntur Lava Flow 6 <i>Porphyritic basalt with olivine, augite, hypersthene and plagioclase as main phenocryst set in glassy groundmass. This lava shows angular blocky and vesicularity on the surface, flowed to the south from the source</i></p>	<p>Kv Produk Gunungapi Kabuyutan Produk Kabuyutan hampir seluruhnya terdiri dari aliran lava andesit basaltis dan andesit, mengalir ke selatan dari sumber dan yang lainnya tertutupi oleh produk intusan dari G. Guntur. Lava andesit basaltis (SiO₂ 51,67%), tektonik perfitnik dengan massa dasar intergranular, olivin, augit, hipersten, dan plagioklas sebagai fenokris. Lava andesit (SiO₂ 57,27%), tektonik perfitnik dengan augit, hipersten, amfibol, dan plagioklas sebagai mineral fenokris yang tersebar dalam massa dasar gelas.</p>
<p>Ol₆</p>	<p>Aliran Lava 5 Guntur Lava ini berkomposisi basalt, perfitnik dengan olivin, augit, hipersten, plagioklas dan magnetit sebagai fenokris dalam massa dasar gelas. Di bagian permukaan tampak berongkah-bongkah dengan sudut tajam dan berveksular. Lava ini mengalir ke selatan.</p>	<p>Volcanic Products of Kabuyutan Kabuyutan products are mostly consist of basaltic andesite and andesite lava flowing towards the south from the source and another one covered by products of Guntur. Basaltic andesite lava (SiO₂ 51.67%), porphyritic with intergranular groundmass; olivine, augite, hypersthene and plagioclase as main phenocryst. Andesite lava (SiO₂ 57.27%), porphyritic with augite, hypersthene, amphibole, and plagioclase as main phenocryst set in glassy groundmass.</p>
<p>Ol₄</p>	<p>Guntur Lava Flows 5 <i>Porphyritic basalt with olivine, augite, hypersthene plagioclase and magnetite as main phenocrysts set in glassy groundmass. This lava shows angular blocky and vesicularity on the surface, flowed to the south from the source</i></p>	<p>Pv Produk Gunungapi Parupuyan Kiboh Parupuyan muncul di dalam dinding struktur longgong bagar, barat laut yang terbuka ke arah selatan-tenggara, terdiri dari lava andesit basaltis dan andesit hornblende. Lava andesit basaltis (SiO₂ 51,39% - 54,39%), tektonik perfitnik dengan massa dasar intergranular, olivin, augit, hipersten, dan plagioklas sebagai fenokris. Andesit hornblende tektonik perfitnik dengan massa dasar intergranular, augit, hipersten, hornblende dan plagioklas sebagai fenokris. Hampir seluruh tubuh Gunung Parupuyan tertutupi oleh produk Kabuyutan dan Guntur sebagai vulkanik yang lebih muda.</p>
<p>Ol₃</p>	<p>Aliran Lava 4 Guntur Lava ini berkomposisi basalt, perfitnik dengan olivin, augit, hipersten dan plagioklas sebagai fenokris dalam massa dasar gelas. Di bagian permukaan tampak berongkah - bongkah dengan sudut tajam dan berveksular. Lava ini mengalir ke selatan.</p>	<p>Volcanic Products of Parupuyan Kiboh Parupuyan emerged from inside the northwestern rim of structural collapse which opened to the south-southeast, consist of basaltic andesite and hornblende andesite lava. Basaltic andesite lava (SiO₂ 51.39% - 54.39%), porphyritic with intergranular groundmass; olivine, augite, hypersthene, and plagioclase as main phenocryst. Hornblende andesite, porphyritic with intergranular groundmass, augite, hypersthene, and plagioclase as main phenocryst. Most of the main body of Parupuyan volcano was covered by the products of Kabuyutan and Guntur after to be.</p>
<p>Ol₂</p>	<p>Guntur Lava Flow 4 <i>Basaltic composition, porphyritic with olivine, augite, hypersthene and plagioclase as main phenocryst set in glassy groundmass. This lava shows angular blocky and vesicularity on the surface, flowed to the south from the source</i></p>	<p>My Produk Gunungapi Masigit Produk Masigit terdiri dari aliran-aliran lava berkomposisi basalt - andesit dan endapan aliran proklastik. Lava basalt (SiO₂ 51,71%) dan andesit basaltis (SiO₂ 58,36%), perfitnik dengan massa dasar intergranular, olivin, augit, hipersten, dan plagioklas sebagai fenokris. Lava andesit (SiO₂ 60,01% - 62,47%), perfitnik dengan olivin, augit, hipersten dan plagioklas sebagai fenokris dalam massa dasar gelas. Lava andesit (SiO₂ 63,45% - 63,77%), perfitnik dengan augit, diopsid, hipersten, amfibol, dan plagioklas sebagai fenokris dalam massa dasar gelas. Endapan aliran proklastik terdiri dari blok-blok lava andesit berukuran besar dan abu. Endapan ini berbatasan dengan struktur longgong yang terbuka ke arah utara dan mengisi lembah Ellos. Kiboh lava andesit Batuanan-tumbuh di bagian utara dinding longgong. Hampir seluruh tubuh bagasi pasok tertutupi endapan jatuhan proklastik G. Guntur.</p>
<p>Ol₁</p>	<p>Aliran Lava 3 Guntur Berkomposisi basalt, perfitnik dengan olivin, augit, hipersten, plagioklas dan magnetit sebagai fenokris dalam massa dasar gelas. Lava ini mengalir ke arah selatan dan sumber air di bagian permukaan tampak berongkah-bongkah dengan sudut tajam dan berveksular.</p>	<p>Volcanic Products of Masigit The products of Masigit consist of lava flows with a wide range of compositions from basalt to dacite and pyroclastic flow deposits. Basaltic (SiO₂ 51.71%) and basaltic andesite lava (SiO₂ 58.36%), porphyritic with intergranular groundmass; olivine, augite, hypersthene, and plagioclase as main phenocryst. Andesite lava (SiO₂ 60.01% - 62.47%), porphyritic with olivine, augite, hypersthene and plagioclase as main phenocryst in glassy groundmass. Dacite lava (SiO₂ 63.45% - 63.77%), hypocrystalline with diopsid, augite, hypersthene, amphibole, and plagioclase as main phenocryst embedded in glassy groundmass. Pyroclastic flow deposit consists of large-andesitic blocks and ash. This deposit is associated with the structural collapse which opened to the north and fills the Ellos valley. Batuanan-andesite lava dome emerged from inside the northern rim of the structural collapse. The pyroclastic fall deposits of Guntur cover most of the summit area of Masigit.</p>
<p>Ol₀</p>	<p>Guntur Lava Flow 3 <i>Porphyritic basalt phenocryst consists of olivine, augite, hypersthene, plagioclase and magnetite set in glassy groundmass.</i></p>	
<p>Ol₀</p>	<p>Aliran Lava 2 Guntur Berkomposisi basalt, perfitnik, olivin, augit, hipersten, plagioklas dan magnetit sebagai fenokris dalam massa dasar gelas. Di bagian permukaan tampak berongkah-bongkah dengan sudut tajam dan berveksular.</p>	
<p>Ol₀</p>	<p>Guntur Lava Flows 2 <i>Porphyritic basalt with olivine, augite, hypersthene, plagioclase and magnetite as main phenocrysts set in glassy groundmass. This lava flowed towards the south from the source and on the surface flow shows angular blocky and vesicularity. This lava flowed to the south west from the source.</i></p>	
<p>Ol₀</p>	<p>Aliran Lava 1 Guntur Lava ini berkomposisi basalt, perfitnik dengan olivin, augit, hipersten dan plagioklas sebagai fenokris dalam massa dasar gelas. Lava ini mengalir ke arah selatan dan sumber air di bagian permukaan tampak berongkah-bongkah dengan sudut tajam dan berveksular.</p>	
<p>Ol₀</p>	<p>Guntur Lava Flow 1 <i>Porphyritic basalt with olivine, augite, hypersthene and plagioclase as main phenocrysts set in glassy groundmass. This lava shows angular blocky vesicularity on the surface, flowed to the south from the source.</i></p>	
<p>Ol₀</p>	<p>Aliran piroklastik 1 Guntur Tersebar di sebelah tenggara Kawah Guntur dan ditutupi oleh aliran-aliran lava Guntur yang lebih muda. Diokret Kampung Pesanten ditemukan kontak antara aliran proklastik Ol₀ dengan aliran lava Ol₀ yang memuntupinya. Endapan ini tersingkap dalam keadaan tetap. Tersebaran atas blok-blok lava dengan matrik pasir kasar coklat kekuningan.</p>	
<p>Ol₀</p>	<p>Guntur Pyroclastic Flow 1 <i>The pyroclastic flow 1 of Guntur is distributed at the southeast from the source and overlies by the younger lava flows. Near Pesanten Village, this deposit is overlain by Ol₀ lava flow and highly weathered. It composed by lava blocks embedded in the ash matrix, buff in colour.</i></p>	
<p>Klg</p>	<p>Langgaran Gunungapi Kabuyutan Endapan ini termasuk atas fragmen lava andesitik yang runtuang, beberapa bagian memperlihatkan tekstur <i>pisu-wifi</i>, tertanam dalam matriks berokas pasir sangat kasar. Fragmen lava di bagian atas memperlihatkan struktur imbrikasi yang tidak menerus. Di bagian bawah, fragmen lava berukuran besar berkapal bertamasa-samasa secara tidak beraturan dengan fragmen yang berukuran lebih kecil. Di antara endapan bagasi, ada dua bawah terdapat endapan aliran proklastik bertamasa kemarahan yang berbentuk lentikular.</p>	<p>Ol₀ Produk Gunungapi Gajah Lava andesit basaltis dan andesit dan endapan aliran proklastik membentuk tubuh Gunung Gajah. Lava andesit basaltis (SiO₂ 52,26% - 53,76%), perfitnik dengan massa dasar intergranular, fenokris terdiri dari olivin, augit, hipersten, dan plagioklas. Lava andesit (SiO₂ 58,24% - 59,84%), perfitnik dengan massa dasar intersterial, olivin, augit, hipersten, plagioklas, dan magnetit sebagai fenokris. Endapan aliran proklastik terusan atas blok-blok lava andesit dan abu.</p>
<p>Klg</p>	<p>Volcanic Debris Avalanche of Kabuyutan The Deposits consist of angular andesite lava clasts, some showing <i>pisu-wifi</i> texture, supported within coarse sandy matrix. The lava clasts show discontinuous imbrication in the upper part. In the lower part, the larger lava clasts fitted back together to reconstruct the outline of a smaller clasts. There is a boundary between the upper and lower part of deposits in which the pyroclastic flow deposit forming a lensular distribution. Forms a hillcock morphology situated at Tegalega area, on the southwestern flank of Guntur. Their height and diameter are ranging from 1 - 6 m and 3 - 12 m.</p>	<p>Volcanic Products of Gajah Gajah volcano emerged from the western sector of partially collapsed Paur-Malang. Basaltic andesite and andesite lava flows and pyroclastic flow deposits form the main body of volcano. Basaltic andesite lava (SiO₂ 52.26% - 53.76%), porphyritic with intergranular groundmass, phenocryst consist of olivine, augite, hypersthene and plagioclase. Andesite lava (SiO₂ 58.24% - 59.84%), porphyritic with intersterial groundmass, olivine, augite, hypersthene plagioclase, and magnetite as main phenocryst. Pyroclastic flow deposits composed of andesite lava blocks and ash.</p>
<p>Klg</p>		<p>PMV Produk Gunungapi Paur Malang Gunung Paur Malang terusan atas lava andesit yang mengalir ke barat daya dan pada bagian lazanya tertutupi endapan jatuhan proklastik hitam G. Guntur. Lava andesit (SiO₂ 58,36%), perfitnik dengan augit, hipersten, plagioklas dan magnetit sebagai fenokris utama yang mengambang dalam massa dasar gelas.</p>

Gambar 3.6f. Deskripsi satuan peta geologi kompleks Gunung Gede Garut. (Sumber: PVMBG, Badan Geologi, 2014).

AV	<p>Volcanic Products of Pasirmalang Pasirmalang volcano mostly composed of andesite lava which flow towards the southwest and another parts is covered by a dark pyroclastic fall deposits of Guntur. Andesite lava (SiO₂ 58,70%), porphyritic with augite, hypersthene, plagioclase and magnetite as main phenocryst embedded in glassy groundmass.</p>	<p>Volcanic Products of Putri-Katomas Putri, Katomas, and Cikakak are eruption point in this Krakul. Putri composed of basaltic lava flows (SiO₂ 50,1% - 51,2%), porphyritic with plagioclase, olivine, augite, hypersthene, and magnetite as main phenocryst set in intergranular groundmass. Lavas of Katomas and Cikakak are mostly andesitic composition (SiO₂ 58,61% - 62,32%), porphyritic texture, phenocryst consist of plagioclase, rare of olivine, augite, hypersthene, and magnetite set in glassy groundmass. These lava flow to the south over the southeast from the source. Basaltic pyroclastic fall of Guntur covered most of the summit.</p>
OFK	<p>Produk Gunungapi Agung Krakul Agung terdiri dari endapan aliran piroklastika dan aliran lava andesit basaltis hingga diat. Endapan aliran piroklastika termasuk atas non-welded blok-blok lava dari datu abu, mengale ke utara hingga timur dari sumber dan berakur di Lembah Elos. Lava andesit basaltis (SiO₂ 53,22-54,2%), andesit (SiO₂ 58,24-60,12%) porfiritik dengan olivin, augit, hipersten dan plagioklas sebagai fenokris dalam maadasar gelas. Lava dari (SiO₂ 63,01-63,90%), holo-kristalin dengan augit, dopud, hipersten, dan plagioklas sebagai fenokris dalam maadasar gelas. Lava-lava ini mengale ke utara dari sumber dan sebagian tertutupi endapan jatuhan piroklastika Guntur, terutama di sekitar sumber.</p>	<p>Longsoran Gunungapi Gandapura Membentuk perbukitan hillock yang tersebar di lereng timur Guntur dengan panjang dan luas sekitar kira-kira 15 km dan 77 km² hingga Cibatu. Tinggi dan d'ometer perbukitan berkisar antara 10 - 200 m dan 2 - 50 m. Terdapat blok-blok lava andesit piroksen berukuran bongkah yang dielusmeti endapan aliran piroklastik bewarna kemerahan. Blok-blok lava terpecah-pecah tidak beraturan dan struktur jagaw-fit. Endapan ini diduga berasal dari longsoran Gandapura yang berumur 0,33 ± 0,02 Ma.</p>
PCV	<p>Volcanic Products of Agung Krakul Agung consist of pyroclastic flow deposits and lava flows with a wide range of composition from basaltic andesite to dacite. The pyroclastic flow deposits composed by non-welded dacite blocks and ash. They spread to the north over the eastern end of the Elos Valley. Basaltic andesite (SiO₂ 53,22-54,2%) and andesitic lavas (SiO₂ 58,24-60,12%) porphyritic with olivine, augite, hypersthene, and plagioclase as main phenocryst in glassy groundmass. Dacitic lava (SiO₂ 63,01-63,90%), holocrystalline with augitic augite, hypersthene and plagioclase as main phenocryst set in glassy groundmass. Near the source they are covered by a dark pyroclastic fall deposits of Guntur.</p>	<p>Volcanic Dacitic avalanche of Gandapura Forms a hillock morphology distributed on the eastern flank of Guntur with averages 15 km and 77 km² in length and distribution. Their height and diameter are ranging from 10-200 m and 2-50 m. These deposits consist of pyroene andesite lava blocks embedded in the pinkish pyroclastic flow deposit. Lava blocks show a jagaw-fit structure and irregular cracking. These deposits is suspected originating from Gandapura collapse with 0.33 ± 0.02 Ma in age.</p>
OPV	<p>Produk Gunungapi Picung Krakul Picung berupa selanjutnya termasuk atas aliran lava basalt hingga diat yang mengale ke segala arah. Lava basalt (SiO₂ 48,8-51,88%), andesit basaltis (SiO₂ 53,31-54,42%), andesit (SiO₂ 58,04-61,26%), porfiritik dengan maadasar gelas, intergranular dan intersterial, olivine, augite, hipersten dan plagioklas sebagai fenokris. Lava dari (SiO₂ 63,42%), holo-kristalin dengan augit, dopud, hipersten, plagioklas, dan magnetit sebagai fenokris dalam maadasar gelas. Lava dari ini termasuk di Pair Bulagar, terutama dari sumber. Di termasuk G Picung terdapat kabah lava Pair Laka yang selanjutnya berkomposisi andesit (SiO₂ 60,30-61,92%) yang berumur 0,07 ± 0,03 m.</p>	<p>Produk Gunungapi Gandapura Krakul Gandapura termasuk atas aliran lava dan aliran piroklastika. Lava basalt (SiO₂ 51,88%), dan andesit (SiO₂ 58,97-61,60%), porfiritik dengan olivin, augit, hipersten, plagioklas dan magnetit sebagai fenokris dalam maadasar gelas. Endapan aliran piroklastika termasuk atas blok lava andesit dan abu.</p>
CKV	<p>Volcanic Products of Picung Krakul Picung mainly composed of lava flows with a wide range of composition from basalt to dacite flowing to through out. Basaltic (SiO₂ 48,8-51,88%), basaltic andesite (SiO₂ 53,31-54,42%) and andesitic lavas (SiO₂ 58,04-61,26%), porphyritic with glassy, intergranular and intersterial groundmass, respectively; olivine, augite, hypersthene and plagioclase as main phenocryst. Dacitic lava (SiO₂ 63,42%), holocrystalline with augitic augite, hypersthene, plagioclase and magnetite as main phenocryst in glassy groundmass, exposed on Pair Bulagar. The northeastern of Picung Centre are Pair Laka Dome, all are andesitic composition (SiO₂ 60,30-61,92%), 0,07 ± 0,03 m.</p>	<p>Volcanic Products of Gandapura Krakul Gandapura consists of lava flows and pyroclastic flows. Basaltic (SiO₂ 51,88%) and andesitic lavas (SiO₂ 58,97-61,60%), porphyritic with olivine, augite, hypersthene, plagioclase and magnetite as phenocryst in glassy groundmass. Pyroclastic flow deposits are composed of andesite lava blocks and ash.</p>
CV	<p>Produk Gunungapi Cilenggang Krakul Cilenggang termasuk atas aliran lava dan endapan aliran piroklastika. Aliran lava andesit (SiO₂ 60,78% - 63,02%), porfiritik dengan maadasar intersterial, olivin, augit, hipersten, dan plagioklas sebagai fenokris. Endapan aliran piroklastika kemerahan dengan fragmen lava andesit. Lereng bagian timur memperlihatkan susa struktur amfiteater yang diduga disebabkan runtuhan.</p>	<p>Produk Gunungapi Cikra Terletak atas aliran-aliran lava dan endapan piroklastik yang dihasilkan dari Kawah Popok, Kawah Sant, dan Kawah Cikra.</p>
KMV	<p>Volcanic Products of Cilenggang Krakul Cilenggang consist of lava flows and pyroclastic flows. Andesite lava (SiO₂ 60,78% - 63,02%), porphyritic with intersterial groundmass, olivine, augite, hypersthene, and plagioclase as main phenocryst. Pyroclastic flow deposits, andesite lava blocks and ash, reddish brown in colour. On the eastern flank of Cilenggang shows amphitheater left by removal collapse of this side.</p>	<p>Volcanic Products of Cikra These consists of lava flow and pyroclastic deposits originated from Popok Crater, Sant Crater, and Cikra Crater.</p>
CDV	<p>Produk Gunungapi Cidadi Selanjutnya termasuk atas aliran lava andesit, terutama andesit piroksen (SiO₂ 58,19% - 62,85%). Endapan jatuhan piroklastik basaltis menutupi puncak Cidadi bagian utara.</p>	<p>Produk Gunungapi Kamajung Produk Kamajung termasuk atas endapan-endapan pra, syn, dan post Caldera Pangkalan. Material tersebut terdiri atas aliran-aliran lava dan endapan piroklastik.</p>
PKV	<p>Volcanic Products of Cidadi Cidadi's lava flows are entirely andesitic in composition, mostly pyroene andesite (SiO₂ 58,19% - 62,85%). Basaltic pyroclastic fall deposits covered most of the northern summit of Cidadi.</p>	<p>Volcanic Products of Kamajung They are composed of deposit of pra, syn, and post Caldera Pangkalan. These materials consist of lava flows and pyroclastic deposits.</p>
PKV	<p>Produk Gunungapi Putri - Katomas Putri, Katomas, dan Cikakak merupakan sumber erupsi dalam Krakul ini. Putri termasuk atas aliran lava basalt (SiO₂ 50,91% - 51,5%), porfiritik dengan fenokris plagioklas, olivin, augit, hipersten, dan magnetit dalam maadasar intergranular. Lava Katomas dan Cikakak berkomposisi andesit (SiO₂ 58,61% - 62,32%), porfiritik, fenokris plagioklas, sedikit olivin, augit, hipersten, dan magnetit dalam maadasar gelas. Lava-lava ini mengale ke selatan dari lereng dari sumber. Pada bagian puncak ditutupi endapan jatuhan piroklastik Guntur.</p>	

Gambar 3.6g. Deskripsi satuan peta geologi kompleks Gunung Gede Garut. (Sumber: PVMBG, Badan Geologi, 2014).

Berdasarkan perbandingan kandungan SiO_2 , batuan lava hasil erupsi 1840 dengan lava hasil erupsi tahun 1847 terlihat agak mirip dan bagian selatan Gunung Guntur didominasi oleh endapan lahar yang terkonsentrasi pada bagian kaki gunung api. Lahar ini tersusun atas blok-blok lava andesit dan basaltis, berukuran kerakal-bongkah, membundar dengan ukuran sedang, tertanam dalam matriks pasir kasar. Pada bagian-bagian yang lapuk terlihat berwarna hitam kemerahan. Lahar-lahar di kaki bukit tersebut telah dimanfaatkan untuk tanah urug dan bahan bangunan.

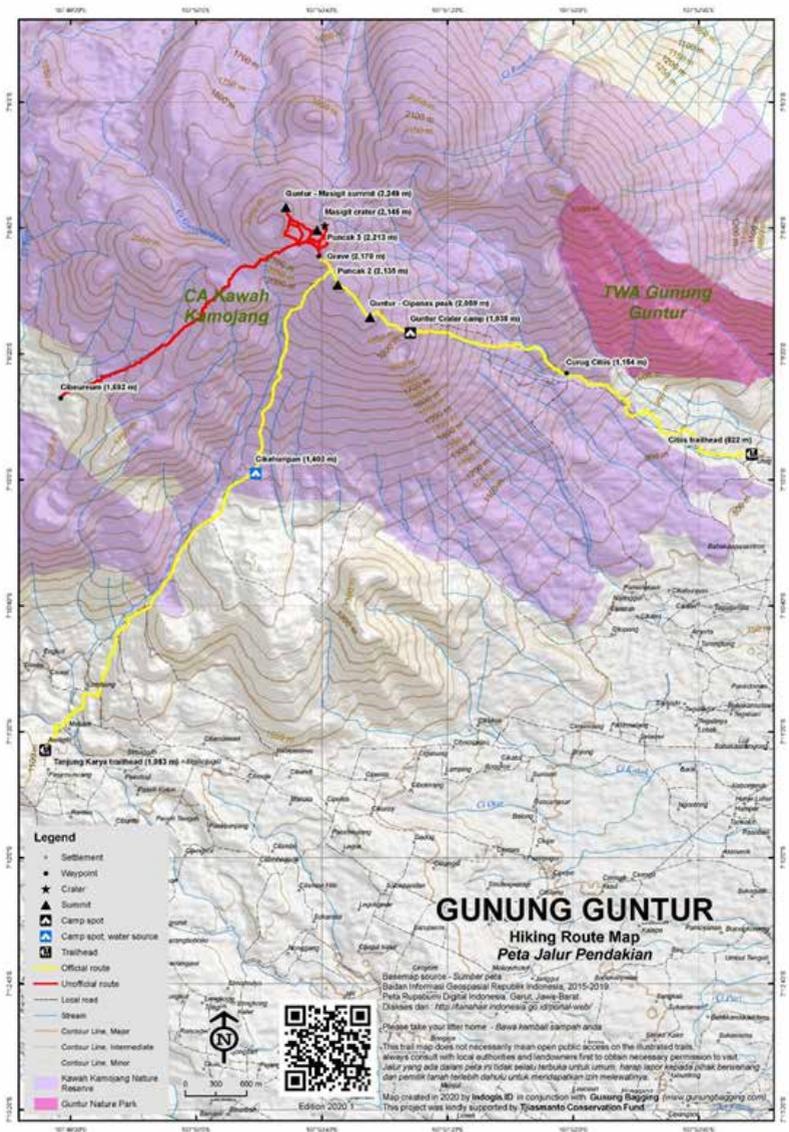
Geowisata Komplek Gunung Gede Jalur Pendakian Gunung Guntur

Kompleks Gunung Gede dapat dicapai dari Kota Bandung melalui Kota Garut sejauh 55 km. Pendakian ke puncak/kawahnya dapat dilakukan melalui tiga jalur, yaitu Jalur Citiis, Jalur Cikahuripan, dan Jalur Cibereum. Bila dibandingkan, jalur Cikahuripan relatif lebih landai sehingga mudah didaki, namun akses kendaraan umum mencapai *basecamp* agak sulit. Jalur Cikahuripan layak untuk para pendaki pemula atau jika sudah pernah mendaki lewat Jalur Citiis. Pendakian melalui Jalur Cikahuripan menjadi pelengkap pengalaman mencapai seluruh kawah yang dimiliki Gunung Guntur. Selain itu dapat merasakan nuansa alam dari arah yang berbeda. Memang melalui Jalur Cikahuripan ini hanya bisa mencapai puncak 4 saja yaitu Puncak Masigit, sementara puncak lainnya yaitu puncak 1 (Puncak Guntur), puncak 2 (Kawah Japati), dan puncak 3 Kawah Putri) hanya bisa melalui Jalur Citiis. Sebenarnya, selain jalur Citiis dan jalur Cikahuripan terdapat jalur lainnya yaitu jalur Cibereum yang berada di utara Tanjung Karya. Jalur ini merupakan jalur tidak resmi untuk pendakian, karena jalur ini adalah jalan setapak yang digunakan masyarakat lokal sebagai pelintasan antar desa sejak jaman kolonial Belanda, namun kini dengan banyaknya jalur transportasi yang dapat dilalui kendaraan bermotor, Jalur Cibereum ini tidak digunakan lagi.

Pendakian Jalur Citiis, di mulai dari Kampung Citiis, kecamatan Tarogong Kaler, Kabupaten Garut, tepatnya di selatan puncak Gunung Guntur. Untuk menuju Kampung Citiis bisa dilakukan dari Kota Garut dengan jarak sekitar 3 km dan dapat menggunakan kendaraan roda empat. Umumnya permukiman di sekitar Gunung Guntur berada pada ketinggian 600-1000 mdpl, sebagian besar terpusat di kaki gunung bagian tenggara dan selatan sedangkan sebagian kecil tersebar di kaki gunung bagian timur dan utara. Kini perkembangan permukiman semakin meningkat, (Gambar 3.7).

Pendakian melalui jalur Citiis merupakan jalur terpendek dan termudah yang ditemukan oleh Frans Junghuhn. Pada jalur ini melewati lokasi penambangan Pasir yang telah beroperasi sejak 1960 an dan Curug Citiis yang memesona. Setelah itu akan berhadapan dengan medan yang tandus dan gersang tidak seperti gunung-gunung di daerah tropis lainnya sehingga jalur pendakian ini di dominasi oleh savanna dan jarang dijumpai pohon besar yang bisa digunakan untuk berteduh. Gunung ini pun dikenal memiliki cuaca yang liar berupa tekanan angin dan suhu udara yang panas, bahkan dapat dikatakan ganas. Banyak yang mengatakan bahwa medan menuju puncak Gunung Guntur mirip dengan jalur Arcopodo-Puncak Mahameru Gunung Semeru karena memiliki ciri khas yang sama, yaitu disusun oleh kerikil, bebatuan dan pasir yang mudah longsor dan membuat para pendaki sering melorot mengakibatkan energi tubuh mudah terkuras.

Jalur pendakian 2 adalah Jalur Cikahuripan yang di mulai dari lokasi *basecamp* di Desa Tanjungkarya, Kecamatan Samarang yang dapat ditempuh dari Terminal Kota Garut dengan menggunakan angkutan kota dan turun di pertigaan Garut-Samarang-Kamojang. Kemudian lanjut ke arah Kamojang dengan menggunakan ojek *offline* maupun *online* dan berhenti di pintu masuk pendakian. Setelah menyelesaikan administrasi pendakian, perjalanan di mulai dengan melintasi jalan setapak mengarah lurus ke sisi gunung dengan jalur yang terlihat jelas. Ada beberapa ratus meter jalurnya berupa kerikil vulkanik hitam yang sangat indah di lihat, namun cukup melelahkan untuk dilewati.



Gambar 3.7. Jalur Pendakian Gunung Guntur, Garut, (Sumber: Daniel Quinn, 2021).

Di kanan jalan setapak berkerikil tersebut terhampar ladang sayur yang dikelola warga setempat, sedangkan di kiri jalan setapak terdapat air terjun yang enak di pandang, namun tidak mudah untuk mencapainya. Di tempat yang sama, bila beruntung dapat melihat elang jawa yang berterbangan sedang mencari mangsa untuk di sergap. Memang kawasan ini menjadi tempat atau sarangnya elang dan oleh PLTP Kamojang pun kawasan ini menjadi tempat penangkaran elang.

Lebih jauh ke atas, akan memasuki vegetasi hutan yang lebih tinggi sehingga sulit melakukan orientasi lokasi, tetapi pengelola kawasan menyediakan tanda oranye/merah di pohon-pohon untuk membantu navigasi para pelintas (pendaki). Setelah berjalan sekitar dua jam terdapat sumber mata air Cikahuripan yang dapat digunakan untuk mengisi penuh botol minuman, karena jalan setapak yang akan ditempuh memiliki jalur atau trek yang lebih menanjak sampai di bukit terbuka tempat menanti *sunset* dan *sunrise* yang indah dan memesona. Selain itu, lokasi ini pun menjadi tempat memandangi bentang alam Cekungan Garut tempat beradanya Kota Garut. Jika memandangnya pada malam hari, gemerlap lampu yang membias dari pusat sampai pinggiran kota terlihat indah dan memesona pula. Wajar banyak para pendaki Gunung Guntur menyempatkan untuk kemping di lokasi yang cukup nyaman ini.

Untuk mencapai puncak Gunung Guntur dapat melalui tiga pos dengan rata-rata waktu tempuh sekitar 1,5 jam. Di antara Puncak 2 (2.135 mdpl) dan kuburan terdapat pos 2 tempat pertemuan dengan jalur Citiis. Sensasi ketika melewati Puncak 2 yang tanahnya terasa panas dan ada cukup banyak gas belerang melayang di atasnya, jadi berhati-hatilah dan jangan berlama-lama di lokasi ini. Kemudian pada ketinggian (2.057 mdpl) terdapat area berumput terbuka yang merupakan pos 3 dan tempat berkemah para pendaki. Pos ini jaraknya tidak jauh lagi dari Puncak Masigit, yaitu sekitar 15 menit melalui jalur padang rumput dengan topografi bergelombang landai.

Ketika sampai di Puncak Masigit pertama (2.170 mdpl), keadaan lahannya berupa bentang alam sangat datar yang merupakan sisa-sisa kubah lava purba, di antaranya terdapat beberapa kuburan

yang identitasnya tidak dikenali lagi. Secara umum tempat ini sesuai untuk berkemah karena memiliki sudut pandang yang bagus untuk menanti matahari terbit dan untuk mencapai titik tertinggi hanya membutuhkan waktu tidak lebih dari 30 menit. Hanya saja perjalanan ke Puncak Utama Masigit memerlukan izin khusus dari pengelola kawasan cagar alam. Bila diizinkan pun perjalanan ke puncak membutuhkan kehati-hatian karena jejak jalannya samar sehingga harus memperhatikan petunjuk jalan yang disediakan pihak pengelola agar tidak tersesat.

Untuk mencapai Puncak Masigit utama, dapat dilalui dari kubah lava/tepi hutan/kuburan/area perkemahan, dengan mengikuti jalan setapak ke arah kiri ke area alun-alun kecil yang berumput. Dari sini harus mengikuti jejak samar yang mengarah ke kanan ke punggung puncak yang memiliki beberapa singkapan berupa batuan kerikil dan batuan yang lebih halus lagi. Dari atas punggung, jalannya sangat samar tetapi ikuti saja putaran punggung sampai mencapai titik tertinggi.

Ketika berjalan di punggung puncak, di sebelah kiri akan ditemui area kawah purba berbentuk mangkuk yang tidak aktif. Jika berada di kubah lava atau populer dengan sebutan Puncak dinding



Gambar 3.8. Pesona puncak Gunung Guntur yang memiliki tiga kawah yang berdekatan, yaitu kawah 1 (Puncak Guntur), Kawah 2 (Puncak Kawah Japati), dan Kawah 3 (Puncak Kawah Putri).

kawah putri akan terlihat rangkaian 3 kawah Gunung Guntur, (lihat Gambar 3.8). Jika melihat ke kanan punggung puncak maka akan terlihat pemandangan indah kawah aktif Gunung Guntur dan gunung-gunung disekitarnya seperti Gunung Papandayan, Gunung Cikuray, dan lain-lainnya.

Ketika perjalanan sampai di Puncak Masjid Utama, pemandangan ke arah Cekungan Garut sangat memesona dan menakjubkan, sangat cocok untuk memahami fenomena geologi secara langsung sehingga tidak sekedar teoritis dan ungkapan para ahli kebuamian saja. Sementara, fenomena di sekitar puncak tidak kalah indah dan menakjubkan karena bebatuan yang kering menjadi tempat berkembangnya vegetasi sabana seperti rerumputan tipe *dipterokarp* Atas dan edelweis salah satu tipe hutan Montane yang indah dan dikagumi para pendaki karena tumbuh sepanjang tahun menghiasi kawah-kawah yang memesona.

Cipanas Tarogong Garut

Kawasan Wisata Cipanas Tarogong Garut yang sudah terkenal sejak zaman kolonial, memiliki lokasi yang strategis dan mudah di jangkau. Dari pusat kota Garut jaraknya hanya sekitar 6 km dan dari kota Bandung jaraknya sekitar 50 km. Lokasinya tidak jauh dari gerbang masuk kota Garut, akan ditemukan pertigaan jalan besar di sebelah kanan jalan utama Bandung-Garut. Letak pertigaan ini tidak jauh dari rumah Makan Cibiuk dan di kanan jalan masuk tersebut, pemandangan Gunung Guntur akan menambah keyakinan pada wisatawan bahwa jalan yang dituju sudah benar, sehingga tinggal ikuti saja jalan tersebut sampai ditemukan kembali pertigaan jalan, ke kiri menuju kota Garut dan ke kanan memasuki kawasan wisata utama Cipanas.

Kawasan wisata Cipanas Garut yang pernah mendunia di era kolonial Belanda sempat redup di awal kemerdekaan hingga 1980-an. Selama periode 1980-1985 seiring pertumbuhan wisatawan nasional yang terus meningkat termasuk di berbagai wilayah Jawa Barat, Pemda Kabupaten Garut mulai meningkatkan sarana dan

prasarana pariwisata Cipanas Garut termasuk pemasarannya. Dampaknya kunjungan wisatawan terus meningkat terutama wisatawan domestik yang berasal dari wilayah Jawa Barat dan DKI Jakarta. Perkembangannya pun semakin membaik dan beragam terutama dengan adanya wahana untuk anak-anak sehingga banyak wisatawan menganggapnya sebagai tujuan wisata keluarga terbaik di Kabupaten Garut.

Kini, di kawasan wisata Cipanas Tarogong Garut ini sudah banyak hotel, mulai dari kelas resort hingga hotel kelas melati. Daya tarik utamanya adalah air panas alami yang langsung bersumber dari gunung Guntur, salah satu gunung api aktif yang jaraknya sangat dekat bahkan keindahannya melatarbelakangi kawasan wisata Cipanas ini. Air panas alami inilah yang dimanfaatkan oleh kebanyakan hotel dan beberapa obyek wisata menjadi kolam renang air panas, waterboom, ataupun kamar rendam. Memang, pada umumnya wisatawan ingin menghabiskan waktu luangnya untuk bergembira bersama keluarga dan menikmati air panas yang



Gambar 3.9. Salah satu hotel yang dilengkapi kolam air panas dan sarana bermain dengan latar belakang Gunung Guntur.



Gambar 3.10. Kolam Air Panas alami dengan latarbelakang Gunung Cikuray, gunung tertinggi di Dataran Tinggi Garut.

bening dan tidak berbau belerang, serta banyak yang percaya dapat menyembuhkan berbagai penyakit kulit.

Curug Citiis Tempat “Paniisan”

Curug Citiis ini merupakan salah satu potensi geowisata yang berjarak sekitar 10 km dari ibukota kecamatan Tarogong atau sekitar 15 km dari pusat kota Garut. Daya tarik objek wisata ini adalah berlatar panorama Gunung Guntur yang mempesona dan memberi tantangan untuk mendakinya. Curug Citiis berada pada ketinggian 1.154 mdpl persis di tengah-tengah Gunung Guntur yang gersang dan Gunung Gede yang berhutan lebat di sebelah timurlautnya. Seolah-olah curug ini menjadi batas kedua wilayah yang keadaan vegetasinya sangat kontras.

Untuk menuju Curug Citiis, arahkan kendaraan hingga ke Kampung Citiis yang berada di kaki Gunung Guntur. Sedangkan bagi yang menggunakan kendaraan umum dapat naik ojek dari Cipanas Tarogong atau naik angkot dari Terminal Kota Garut dan turun di gerbang Kampung Citiis. Selanjutnya perjalanan diteruskan dengan berjalan kaki atau naik ojek menuju Kampung Citiis. Jaraknya tidak



Gambar 3.11. Bongkah-bongkah batuan beku di sekitar Curug Citiis, Tarogong, Garut yang dilatarbelakangi pesona air terjun pada tebing lava dan lahar.

terlalu jauh, hanya sekitar 15 menit dengan menggunakan ojek. Setiba di kampung Citiis, perjalanan dilanjutkan dengan berjalan kaki menuju lokasi curug melewati jalan setapak sejauh kurang lebih 4 km. Pada jalur ini terdapat lokasi perkemahan dan tiga buah shelter dalam kondisi cukup baik, namun sayangnya terganggu vandalisme. Di sekitar shelter umumnya terdapat kios minuman dan makanan ringan dan hanya buka pada hari Sabtu dan Minggu.

Secara geologi, lokasi sekitar Curug Citiis adalah kontak tidak selaras antara batuan tua (Gunung Gede) dan batuan yang lebih mudanya (Gunung Guntur). Umumnya zona kontak batuan seperti ini sebagai zona lemah yang mudah longsor. Bongkah-bongkah batuan yang ada di sekitar curug ini merupakan salah satu cirinya. Dengan keadaan seperti itu, seyogyanya penataan kawasan wisata

Citiis perlu pengaturan zonasi dengan memperhatikan kondisi geologi lingkungan agar wisatawan merasa aman dan nyaman.

Jenis tanah yang tersebar, umumnya terdiri atas Asosiasi Andosol dan Latosol Coklat. Jenis tanah tersebut umumnya merupakan jenis tanah yang berasal dari abu/tuf gunung api. Biasanya jenis tanah ini sangat sesuai untuk ditanami dengan tanaman hutan seperti pinus. Sedangkan dari sisi budaya, konon curug ini merupakan tempat bertemunya para raja dari seluruh pulau Jawa. Nama Curug Citiis berasal dari kata “Citiis” yang berarti air dingin karena menurut penduduk sekitar suhu air dari air terjun ini paling dingin di wilayah Garut.

KAMOJANG

Pelopop Pemanfaatan
Panas Bumi di Indonesia

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 dengan sungai Cimanuk. Selain itu, keberadaan air bawah tanah di sekitar gunung api aktif memberi manfaat lain yaitu magma yang panas mendidihkan air yang ada pada batuan dan melalui retakan-retakan batumannya, air yang mendidih muncul ke permukaan membentuk uap panas bahkan sebagai mata air yang kadangkala menyembur. Panas bumi inilah yang banyak dimanfaatkan untuk kegiatan wisata alam air panas dan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP). Wilayah Tinggian Garut menjadi salah satu wilayah penghasil pembangkit listrik panas bumi terbesar di Indonesia dan Kamojang adalah pelopor PLTP pertama sejak zaman kolonial Belanda.

Secara geografis, Lapangan Panas Bumi Kamojang terletak di dataran tinggi vulkanik di bawah lereng atas kompleks Vulkanik Gandapura 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. Secara administratif 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, (Gambar 4.1).



Gambar 4.1. Untuk mencapai PLTP Kamojang dapat menggunakan dua rute. Untuk rute Bandung adalah Bandung - Majalaya - Paseh - PLTP Kamojang - Kawah Kamojang. Sedangkan, untuk Rute Garut adalah Garut - Tarogong - Samarang - PLTP Kamojang - Kawah Kamojang.

Keragaman Geologi

Keragaman Bentang Alam

Fisiografi wilayah Kamojang dan sekitarnya termasuk kedalam Zona Bandung bagian selatan (van Bemmelen, 1949), yang dicirikan dengan adanya barisan gunungapi Kuarter dengan luas sekitar $15 \times 5 \text{ km}^2$, membentang dari Gunung Rakutak di bagian Barat-Barat Daya hingga Gunung Guntur di bagian Timur-Timur Laut. Rangkaian

gunung api ini erupsi secara berurutan dari Barat-Barat Daya hingga Timur-Timur Laut, menghasilkan Gunung Rakutak sebagai gunung api tertua dan Gunung Guntur yang termuda. Sedangkan material vulkanik yang dihasilkan berupa endapan kolluvial, endapan alluvial, dan debris vulkanik.

Keberadaan manifestasi panas bumi merupakan salah satu sisa aktivitas vulkanisme kawasan ini. Panas bumi inilah yang kemudian dimanfaatkan sebagai obyek wisata alam, pemandian air panas, dan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP). Wilayah Tinggian Garut menjadi salah satu wilayah penghasil pembangkit listrik panas bumi terbesar di Indonesia dan Kamojang adalah pelopor PLTP pertama sejak zaman kolonial Belanda.

Lapangan Panas Bumi Kamojang dapat dibagi menjadi dua satuan bentang alam, yakni (Gambar4.2):



Gambar 4.2. Kenampakan bentang alam lapangan panasbumi Kamojang berikut beberapa lokasi penting, diantaranya (1) G. Rakutak, (2) Situ Ciharus, (3) Kantor Unit Bisnis, (4) G. Guntur, dan (5) Lokasi bekas Danau Pangkalan.

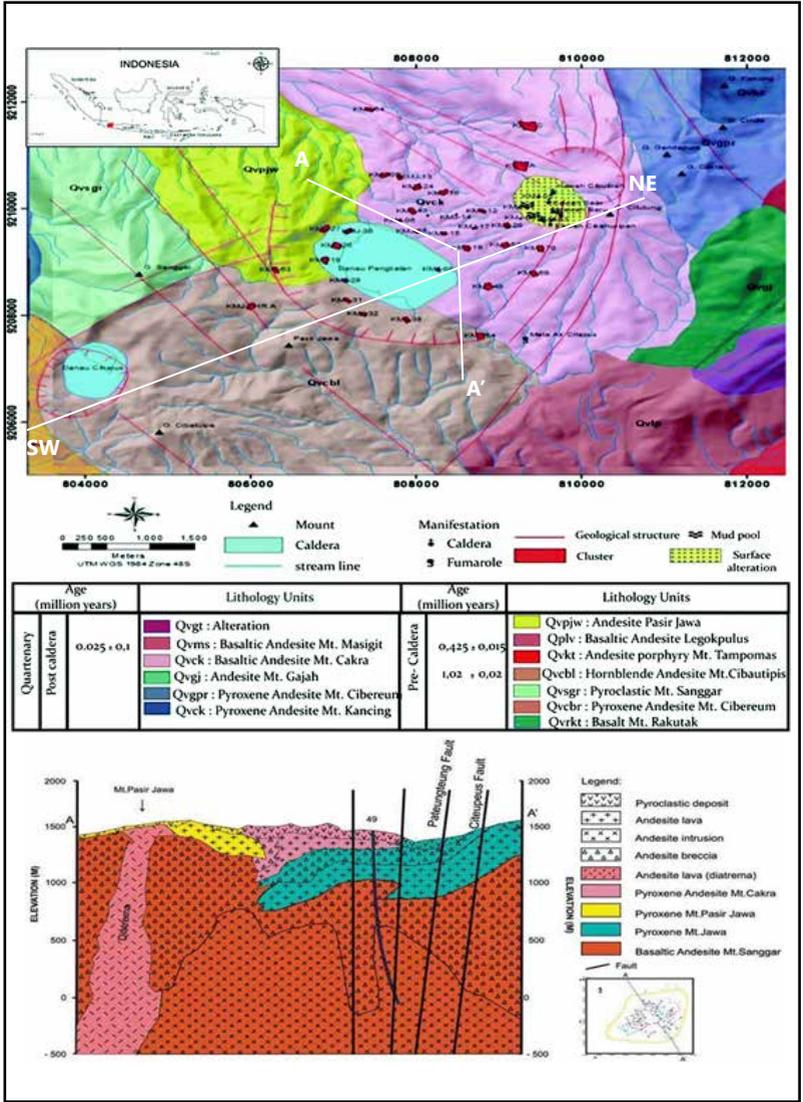
1. **Satuan Perbukitan Kerucut Debu (*cylinder cone*)**, terdiri atas Gunung Sanggar, kaki Gunung Rakuta, Gunung Dano, Gunung Kamasan, Gunung Ciharus, Gunung Beling, Gunung Jawa, Gunung Pedang, Gunung Jahe dan kaki Gunung Cibatuipis. Satuan ini memiliki kontur rapat-rapat, relief kasar, kemiringan lereng miring-terjal (6° - 55°), dan kisaran elevasi kontur 1.150-1.882 mdpl. Pola aliran sungai subparallel-subdendrik dengan bentang alam 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 membentuk gunung api paling muda. Litologi atau batuan penyusunnya 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 datar (0^0-7^0) dengan kisaran elevasi kontur 1475-1500 mdpl, dan menunjukkan pola aliran sungai subparallel subdendritik. Saat ini satuan Danau Kawah yang terdiri atas danau Ciharus dan danau Pedang terisi oleh meteorit yang terakumulasi pada bentang alam lembah dari pertemuan antar kaki gunung pada Satuan Perbukitan Kerucut Debu, dan juga berperan sebagai hulu sungai. Kaldera Pangkalan pada saat ini dijadikan pemukiman warga Desa Pangkalan, sedangkan danau Ciharus sebagai objek wisata. Bentuk bentang alam berupa depresi yang mengekspresikan topografi dari dataran tinggi yang dikelilingi oleh satuan geomorfologi Perbukitan Kerucut Debu atau diinterpretasikan juga sebagai bentang alam kaldera yang menjadi pusat erupsi Gunung Kamojang Tua.

Keragaman Batuan

Menurut Robert, dr., (1983), keberagaman batuan di wilayah Kamojang dan sekitarnya terdiri atas 7 unit litologi (lihat Gambar 4.3), di mulai dengan terbentuknya Formasi Pre-Caldera dari yang berumur tua hingga termuda berupa Basal Gunung Rakutak, Basal Dogdog, Piroksen Andesit Gunung Cibeureum, Piroksen Gunung Sanggar, Piroksen Andesit Gunung Cibatuipis, Phorphiri Andesit Gunung Katomas, Basal Andesit Legokpulus dan Gunung Putri, Andesit Lava Pasir Jawa, dan Piroksen Andesit Gunung Kancing. Sedangkan Formasi Post-Caldera dari yang berumur tua ke yang berumur muda. Kondisi di lapangan kelompok Basal Andesit Gunung Batususun dan Gunung Gandapura, Andesit Lava Gunung



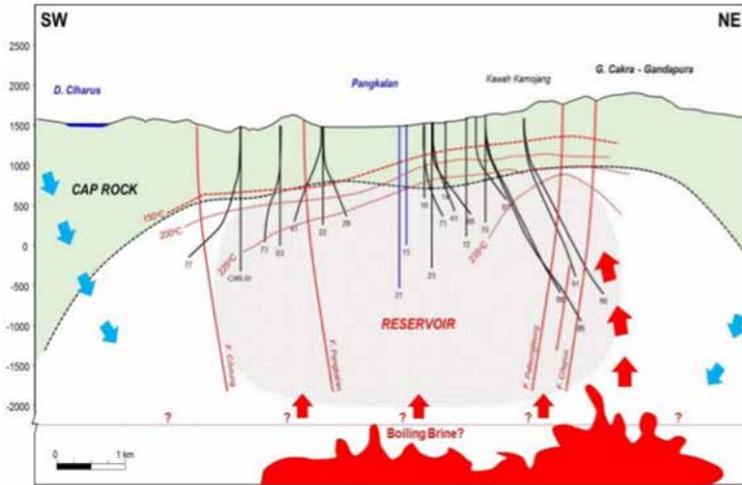
Gambar 4.3. Peta dan Penampang Geologi Rinci Lapangan Panas Bumi Kamojang dan sekitarnya, Jawa Barat, (Sumber gambar atas: I Putu Krishna Wijaya, 2017; gambar bawah: :DF. Yudiantoro, 2012).

Gajah, Basal Andesit Gunung Cakra-Gunung Masigi-Gunung Guntur. Kondisi di lapangan kelompok Formasi Post-Caldera menindih tidak selaras kelompok Formasi Pre-Caldera.

Keberagaman batuan yang diuraikan Robert, dr., (1983) di atas terbentuk seluruhnya oleh endapan vulkanik Kuartar hasil endapan *Pre-Caldera* dan *Post-Caldera* dan secara regional bagian dari barisan gunung api pemisah Cekungan Garut dan Cekungan Bandung. Dengan demikian, sistem panas bumi di lapangan Kamojang dapat dipastikan berasosiasi dengan endapan vulkanik kuartar berumur 400.000 tahun produk dari gunung vulkanik Pangkalan dan Gandapura. Gunung-gunung ini terlihat menempati bagian dalam hasil depresi vulkanik yang dibentuk oleh rim kaldera Pangkalan yang berbentuk graben akibat aktivitas sesar Kendeng di Barat dan sesar Citepus di Timur. Rim kaldera Pangkalan, sesar Citepus, dan sistem sesar-sesar dengan kecenderungan berarah Barat-Timur, tepatnya berada di bagian utara lapangan panas bumi Kamojang. Keadaan ini memberikan target energi yang menarik karena berasosiasi dengan produktivitas uap yang tinggi.

Berdasarkan *Cap Rock* seperti terlihat pada Gambar 4.4, diketahui bahwa sebagian besar batuan di lapangan panas bumi Kamojang merupakan jenis batuan andesit. Batuan ini memiliki kandungan $\delta^{18}O$ sekitar $\pm 6,5$ ‰, 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 ‰. Keadaan ini memungkinkan terbentuknya aktivitas hidrotermal pada beberapa litologi seperti lava andesit, debu vulkanik, tuf dan material vulkanik lainnya.

Apa yang diinterpretasikan oleh Robert, dr., (1983) dapat diketahui pula dari hasil pengamatan petrografi pada contoh inti dan serpihan beberapa sumur yang dilakukan oleh DF. Yudiantoro, (2012) yang menunjukkan adanya proses-proses pembentukan panas bumi, disertai adanya mineral-mineral yang melimpah seperti monmorillonit, kalsit, khlorit, pirit dan kuarsa. Sedangkan mineral-mineral anhidrit dan walrakit muncul dengan jumlah menengah



Gambar 4.4. Konseptual Model berupa Penampang pada Lapangan Panas Bumi Kamojang seperti yang dimaksud pada Gambar 24 berupa garis putih berarah (SW-NE), (Sumber: PT Pertamina Geothermal Energi dalam http://igis.esdm.go.id/igis/img/Buku_Potensi_Jilid_1.pdf).

dan mineral-mineral leukoxen, serisit, siderite, sphene, adularia, epidot dan pirhotit muncul dengan jumlah sedikit.

Pemunculan yang melimpah dapat terlihat pada kedalaman 150 meter, sedang pemunculan yang jarang atau dikategorikan menengah terdapat pada kedalaman lebih dari 600 meter. Khusus untuk anhidrit muncul pada kedalaman relatif dangkal, maksimum 400 meter. Hadirnya mineral anhidrit dapat diinterpretasikan bahwa air di lapangan panas bumi Kamojang kaya dengan sulfat.

Mineral-mineral lain hasil proses pembentukan panas bumi 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.

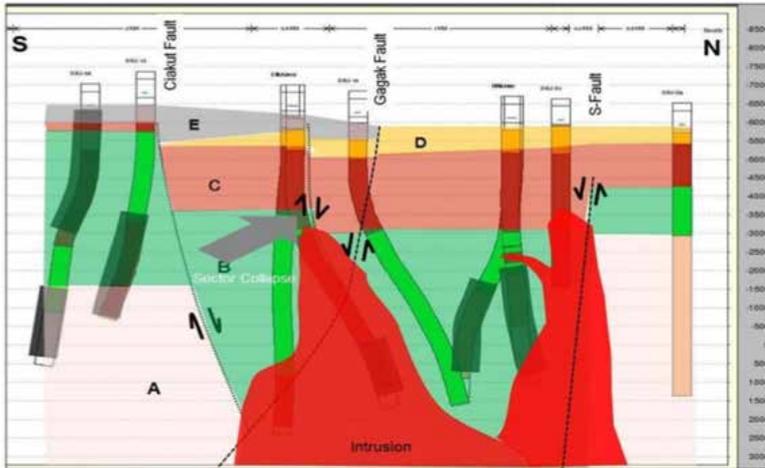
Dari paragenesa mineral-mineral hidrotermal, temperatur reservoir dapat diketahui mencapai 250°C, bahkan lebih besar. Browne dengan teknik yang sebanding telah berhasil mengukur temperatur reservoir lapangan panas bumi Kamojang yaitu berkisar antara 230-300°C. Studi inklusi cairan pada contoh inti di lapangan panas bumi Kamojang mendapatkan harga temperatur 210-268°C. Sedangkan hasil pengukuran temperatur di lapangan menunjukkan harga maksimum 240°C, sehingga dapat disimpulkan bahwa panas bumi pada lapangan Kamojang saat ini dalam proses pendinginan.

Keragaman Struktur Geologi

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 4.5). Struktur-struktur tersebut memiliki kemiringan >80° dengan jurus 30°-40° dan 330°-340° (Bogie et al., 2008).

Struktur geologi yang berkembang tersebut umumnya mengontrol reservoir lapangan panas bumi Kamojang pada kontak formasi. Secara lateral, kontak formasi dan ketidakselarasan lebih dominan mengontrol reservoir di bagian tengah (*Central Block*) walaupun tidak dapat dikesampingkan pengaruh *setting rim structures* yang stepnya memisahkan Blok Tengah dengan Blok sebelah Barat pada lapangan panas bumi Kamojang. Sementara struktur geologi berupa rangkaian patahan (*step of faults*) lebih dominan mengontrol di Blok Timur Kamojang.

Berdasarkan evaluasi hasil pemboran sumur-sumur yang telah dibor di dalam lapangan panas bumi Kamojang (Gambar 4.5) menunjukkan, reservoir panas bumi kamojang terdiri atas dua *Feed Zones* utama yaitu pada elevasi 700 – 800 mdpl (*above sealevel*) untuk *feed zone* pertama (FZ II) dan pada elevasi 100-600 mdpl untuk *feed zone* ke dua (Yustin, 2002). Pada Blok Timur Kamojang ini menghasilkan temperatur reservoir pada kisaran 220-240°C dan permeabilitas 30-80 Darcy meter.



Gambar 4.5. Model Tentatif Lapangan Panas Bumi Kamojang . (Sumber PT Pertamina Geothermal Energi dalam http://igis.esdm.go.id/igis/img/Buku_Potensi_Jilid_1.pdf).

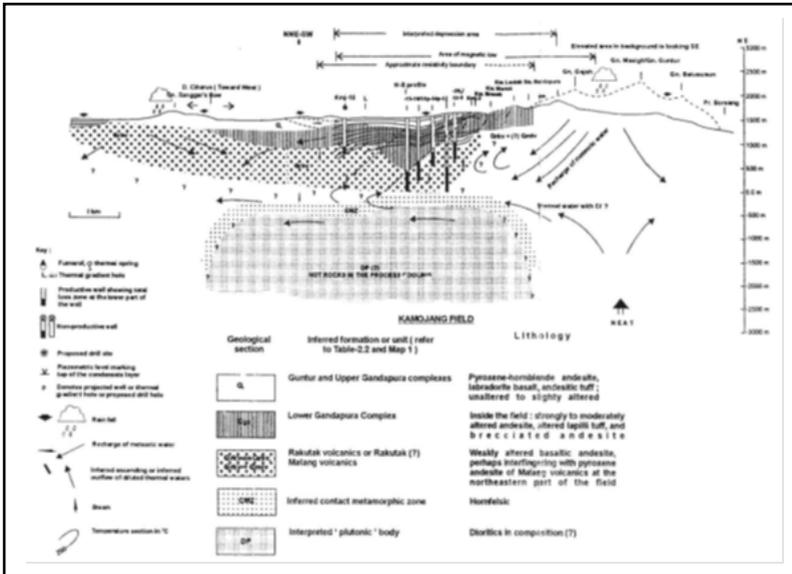
Struktur geologi yang berkembang mempunyai arah distribusi sesuai kerapatan sesar berarah NE-SW dan NW-SE. Struktur berarah NW-SE merupakan struktur-struktur yang berumur lebih tua dibandingkan dengan struktur berarah NE-SW. Pertemuan kedua pola distribusi struktur ini menyebabkan terbentuknya *subsurface geology zone* sangat lemah, sehingga hanya memunculkan manifestasi panas bumi berupa *fumarole*, *hot springs*, *mudpool*, silika residu dan lain-lain. Letak kemunculannya berada di sebelah Utara Blok Timur Lapangan Panas Bumi Kamojang, tepatnya di ujung atas Sesar Citepus. Sedangkan, di Blok Timur Lapangan Panas Bumi Kamojang, kontrol struktur geologi sangat nyata, baik kenampakan di permukaan maupun dari hasil pemboran beberapa sumur. Secara regional struktur geologi sesar utama Pateungteung dan Sesar Citepus tampak jelas dengan *strike of faults* memanjang berarah NE –SW berkisar $N \pm 010^{\circ} E$ sampai dengan $N \pm 020^{\circ} E$.

Keragaman Proses Geologi

Keragaman proses geologi bawah permukaan dapat dikenali melalui hasil studi geologi dan geofisika yang berkaitan dengan proses manifestasi panas bumi, yaitu hubungan antara magmatisme, struktur geologi, dan hidrogeologi. Sudarman (1983), menginterpretasikan hubungan ketiga komponen tersebut seperti terlihat pada Gambar 4.6.

- 1) Hubungan posisi lapangan Panas Bumi Kamojang dengan kondisi geologi daerah sekitar seperti dengan kompleks Gunung Gede (Guntur) dan Formasi Gandapura Atas (Q1) yang dicirikan oleh batuan padat dengan porositas moderat, permeabilitas relatif tinggi dan resistivitas menengah hingga tinggi.
- 2) Keberadaan airtanah dengan permukaan yang dangkal terdapat pada kedalaman 5 hingga 60 m. Air tanah atau akuifer yang terbentuk diperkirakan hasil pencampuran antara air tanah yang dingin dan air tanah thermal yang naik pada akuifer kedalaman kurang dari 100 m di bawah permukaan. Di bawah akuifer yang dangkal ini terdapat akuifer lebih dalam berupa lapisan kondensat yaitu pada kedalaman antara 100 hingga 200 meter. Keadaan ini dapat diamati melalui data sumur KMJ-8, 9 dan 10.
- 3) 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 pada dua fase yang berada pada kedalaman 700 – 1200 m.

Dari pengamatan langsung, apa yang diinterpretasikan dan diilustrasikan Sudarman (1983), menunjukkan manifestasi panas bumi permukaan di lapangan Kamojang terdiri atas pemunculan mata air panas, fumarol, lumpur panas dan tanah panas. Pemunculan itu terdapat pada Kawah Manuk, Kawah Berecek, Kawah Kamojang



Gambar 4.6. Peran hidrogeologi dalam manifestasi panas bumi di Lapangan Kamojang dan hubungannya dengan geologi struktur dan magmatisme. (Sumber: Sudarman, 1983).

dan Kawah Saat. Masing-masing jenis manifestasi panas bumi memiliki karakteristik tersendiri seperti temperatur fumarol tertinggi yang mencapai 141°C terdapat di Kawah Cibereum kira-kira 700 m sebelah utara-timurlaut (NNE) dari kawah-kawah tersebut di atas. Adapun, karakteristik manifestasi panas bumi Kamojang dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Karakteristik Manifestasi Panas Bumi Kamojang

LOKASI	JENIS	ELEVASI (mdpl)	SUHU (T°C)	PH
Citepus	Mata air panas	1452	60	6,5
Kawah Hujan	Fumarol	1694	96,4	4,0

Kawah Cika-huripan	Fumarol da mata air panas	1664	97,6	5,0
Kawah Manuk	Mata air panas	1670	93	4,5

Sebagian besar air panas permukaan yang dikeluarkan dari fitur tersebut di atas sangat asam (pH 4 - 6,5) dan mengandung sulfat konsentrasi tinggi (1000-2000 ppm) tetapi konsentrasi klorida sangat rendah (<5 ppm). Suhu air pada manifestasi permukaan berkisar antara 93°C – 95°C. Sejumlah fumarol besar mengeluarkan uap super panas dengan volume yang cukup besar, sedangkan lokasi pemandian air panas Citepus terletak di bagian selatan Lapangan Kamojang mempunyai debit dan pH yang rendah. Selain itu, terdapat 5 sumur bor dengan kedalaman maksimum 128 meter yang dibor pada zaman Belanda (Stehn, 1929) dan salah satunya masih mengeluarkan uap dengan temperatur 140°C yaitu sumur KMJ-3.

Kini, geokimia manifestasi permukaan termal di daerah Kamojang telah berubah secara bertahap selama periode produksi uap di lapangan Kamojang. Konsentrasi gas pada manifestasi permukaan meningkat dari tahun 2006 hingga 2008. Penurunan rasio CO₂/H₂S di Kawah Kamojang dan Kawah Hujan menunjukkan bahwa reservoir Kamojang mengandung uap *superheated*.

Awal Pemanfaatan Panas Bumi untuk Pembangkit Listrik

Catatan awal perihal sumber panas bumi di Indonesia berasal dari hasil pengamatan Franz Wilhelm Junghuhn seperti diberitakan dalam “*deszelfs gedaante, bekleeding en inwendige structuur (1854)*”. Dalam tulisannya telah menginformasikan keberadaan atas 23 sumber air panas di Pulau Jawa, salah satunya di wilayah Kamojang, Jawa Barat. Sedangkan J.Z. van Dijk, seorang yang berlatar belakang guru HBS di Bandung adalah orang yang mula-mula mengusulkan gagasan tentang pemanfaatan energi panas bumi yang bersumber dari kegunungpian, seperti tertulis dalam majalah bulanan *Koloniale*

Studiën (1918) berjudul: “*Krachtbronnen in Italie*”. Gagasan tersebut mengacu pada pengalaman yang telah dilakukan di Italia ketika Pangeran Piero Ginori Conti pada 4 Juli 1904 menguji generator panas bumi pertama di Larderello, daerah selatan Tuscany dan pada 1911, di Valle del Diavolo, Larderello, dibangun pembangkit listrik tenaga panas bumi yang pertama. Meskipun, sebenarnya, kebutuhan tenaga listrik sebelum Indonesia merdeka itu bisa dikatakan relatif sedikit.

Gagasan van Dijk tersebut mendorong para ahli geologi, vulkanologi, dan peminat kebumihan di Hindia Belanda untuk mencoba menggali potensi panas bumi di tanah jajahannya. Kritikan dan dukungan terhadap gagasan tersebut bermunculan, diantaranya dikemukakan oleh Berend George Escher mengeritik van Dijk melalui tulisannya berjudul: “*Over de Mogelijkheid van Dienstbaarmaking van Vulkaan Gassen*” yang dimuat dalam majalah *De Mijningenieur*, (1920). Dalam majalah tersebut Escher mengatakan bahwa sebagian besar lapangan solfatara di Hindia Belanda berada pada ketinggian dengan bentang alam sedikit mendatar, sementara proses pengeboran di wilayah gunung api sangat sulit dilakukan karena solfatara bersifat korosif. Di lain pihak 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. Perkembangan itu mendorong *Volcanologische Onderzoek* pada Februari 1926, mengadakan pengeboran eksplorasi di lapangan fumarola Kawah Kamojang.

Pemboran inilah yang dianggap sebagai upaya awal atau pertama eksplorasi panas bumi di Hindia Belanda (Asosiasi Panasbumi Indonesia, 2004). Hal ini diperkuat berdasarkan 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



Gambar 4.7. Seiring dengan kegiatan di Kawasan Kamojang, Belanda membangun rumah sebagai Pos Pengamatan Dinas Vulkanologi (*Vulkanologische Dienst*) pada periode 1920-1937. (Sumber: Tropenmuseum).

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 140°C dan tekanan 2,5 atm.

Pada tahun 1928, R.W. van Bemmelen menulis sebuah artikel: “*Over de toekomst an een met vulkanisches stroom gedreven centrale in Nederlandsch Indie*” dalam *De Mijningénieur* Jg. 9, 1928). Artikel tersebut berdasarkan hasil kunjungan pada 1927 ke Larderello Italia. Dalam tulisan itu tampak van Bemmelen sangat optimis dan mendukung gagasan pengembangan potensi panas bumi di wilayah gunung api. Pada 1929, muncul lagi tulisan yang terkait dengan panas bumi oleh Ch. E Stehn berjudul “Kawah Kamodjang”, yang diperuntukkan sebagai panduan ekskursi pada Kongres Ilmu Pengetahuan Pasifik Ke-IV (*Fourth Pacific Sciene Congress*) di Batavia dan Bandung. Dalam tulisan tersebut, menunjukkan hasil perhitungan kapasitas panas bumi di Larderello.

Perkembangan kala itu yang terus berlanjut mendorong *Volcanologische Onderzoek* pada Februari 1926, mengadakan

pengeboran eksplorasi di lapangan fumarola Kawah Kamojang, sehingga pengusahaan panas bumi di Hindia Belanda mendapat dukungan berbagai pihak. Sayangnya, sejak 1928 itu nampak tidak berkembang. Baru setelah Indonesia Merdeka dilanjutkan kembali, diawali dengan perubahan kelembagaan dari *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. Setelah itu, eksplorasi panasbumi terus berlanjut, di antaranya melakukan Misi Gunungapi UNESCO (*UNESCO Volcanological Mission*) ke Indonesia yang dimulai pada November 1964 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). Namun demikian pada 1968, lembaga kegunungapian di Indonesia menyelesaikan pengamatan atas potensi panasbumi di Jawa, Bali, dan Lampung.

Eksplorasi panas bumi yang melibatkan pihak asing dimulai lagi dengan adanya Misi Eurafrep yang melibatkan para peneliti dari Direktorat Vulkanologi, Institut Teknologi Bandung (ITB), dan Perusahaan Listrik Negara (PLN). Mereka menyelidiki potensi panasbumi di Kamojang, Dieng, Bayah-Sukabumi (Cisolok-Cisukarame), Gunung Tampomas (Sumedang), Gunung Karang (Banten), Gunung Kromong (Cirebon), dan Pegunungan di Bali. Kemudian pada tahun 1971, utusan Geothermal Energy Ltd (GENZL) dari Selandia Baru mengunjungi beberapa lapangan panas bumi yang terindikasi berpotensi. Hasilnya diperoleh bantuan bilateral Colombo Plan. Selama periode 1971-1974, eksplorasi-eksplorasi awal pun dilakukan.

Pada 1974 adalah akhir dari proyek Colombo Plan dan salah satu hasilnya adalah lapangan panas bumi Kamojang berpotensi untuk dikembangkan sebagai pembangkit listrik tenaga panasbumi (PLTP).

Kemudian, Pertamina bersama PLN mengembangkan pembangkit tenaga listrik sebesar 30 MW dengan melakukan pemboran sumur eksplorasi pada kedalaman 600 meter. Sumur itu menghasilkan uap yang dapat dikembangkan menjadi listrik dan secara keseluruhan selesai tahun 1977. Selain itu, Pertamina juga membangun sebuah monoblok dengan kapasitas total 0,25 MW di lapangan Kamojang, yang diresmikan Menteri Pertambangan dan Energi 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 39/1997 dan terbitnya UU No. 27/2003 tentang panas bumi yang menyebabkan 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. Kemudian pada 2006 membentuk PT Pertamina Geothermal Energy (PT PGE) sebagai anak perusahaan yang fokus mengelola kegiatan usaha di bidang panasbumi, salah



Gambar 4.8. Panasbumi Kamojang, PLTP pertama di Indonesia. (Sumber foto: Nanang, Wijayanto, 2020).

satunya dikenal sebagai PT Pertamina Geothermal Energy Area Kamojang (PGE-AK). Sejak itu, khususnya pada periode 2003-2007 pengembangan PLTP Unit IV Kamojang telah menghasilkan empat unit pembangkit dengan kapasitas keseluruhan mencapai 200 MW tenaga listrik.

Dampak lain terbitnya UU No. 27/2003 terjadi pada lingkungan Perusahaan Listrik Negara (PLN) yaitu perusahaan yang semula bernama PT Pembangkitan Jawa Bali I (PT PJB I) yang didirikan 3 oktober 1995 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 pada 12 Januari 2013. Ini ditandai dengan penandatanganan prasasti yang dilakukan Menteri ESDM Jero Wacik di Gedung Dipa Bramanta sebagai kantor PGE-AK.

Pemanfaatan untuk Obyek Wisata

Keberadaan Lapangan Panas Bumi Kamojang, selain telah bermanfaat sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP), juga telah bermanfaat sebagai objek geowisata. Keunggulan utamanya adalah sebagai pelopor Panas Bumi Indonesia. Dikembangkan pertama kali oleh pemerintah Hindia Belanda (Asosiasi Panasbumi Indonesia, 2004). Hal ini diperkuat dengan hasil penelitian Pusat Survei Geologi Hindia Belanda yang memetakan gunung api 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 140^o C dan tekanan 2,5 atm.

Keunggulan lainnya dari PLTP Kamojang adalah sebagai energi panas bumi yang mudah didapat secara 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.

Geowisata Keragaman Kawah

Di kawasan Kawah Kamojang banyak sekali terdapat kawah dan sumber panas Bumi, namun tidak semua kawah/sumber/sumur panas bumi dimanfaatkan sebagai PLTP dan di antaranya terdapat kawah-kawah yang menarik dan layak menjadi obyek gwisata alam (geowisata). Kawah-kawah yang menjadi obyek geowisata tersebut



Gambar 4.9. Sebaran kawah di Lapangan Panas Bumi Kamojang. (Sumber: Mulyanto, drr. 2010).

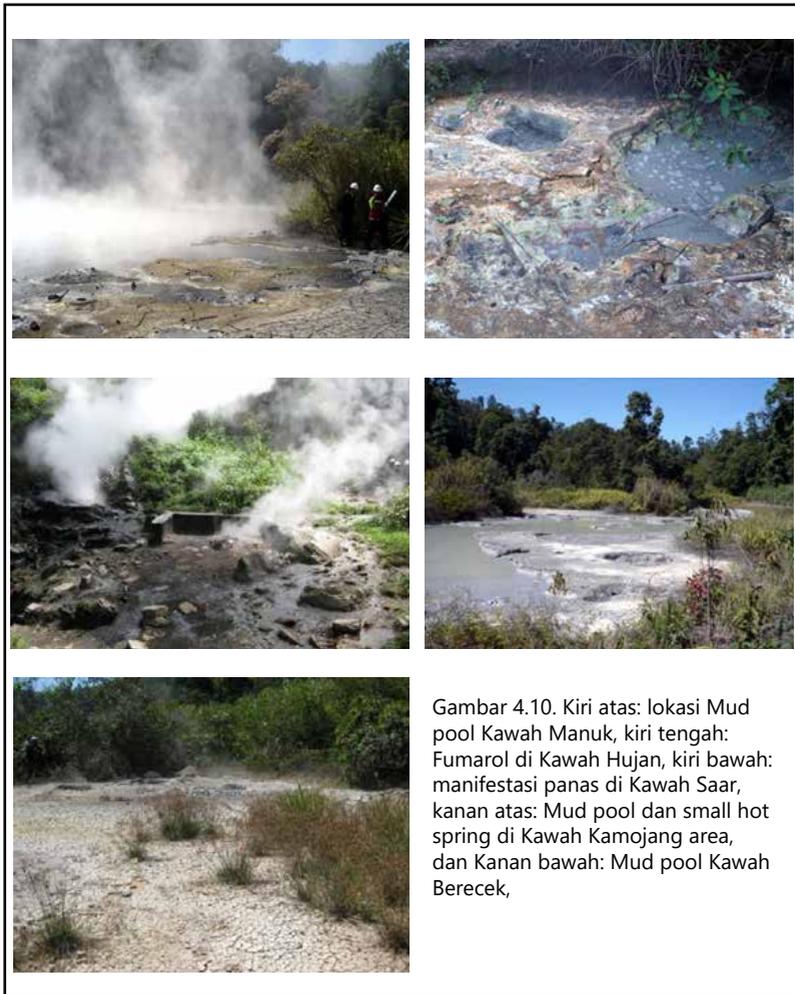
berada pada area kecil di sepanjang sisi timur lapangan Panas Bumi Kamojang, (lihat Gambar 4.9).

- **Kawah Manuk**, memiliki manifestasi berupa kolam lumpur, gunung lumpur kecil, dan daerah retakan lumpur. Suhu maksimum permukaan sekitar 93°C -95°C. Semua fluida termal di daerah ini adalah fluida asam dengan pH 3,5 hingga 4. Obyek ini memiliki panjang 80 m dan lebar 40 m, berarah barat laut hingga tenggara.
- **Kawah Berecek**, terletak 50 m di bagian tenggara Kawah Manuk. Kawah ini memiliki manifestasi kolam lumpur yang memiliki luas sekitar 80 m x 20 m dengan suhu maksimum sekitar 93°C -94°C berupa cairan yang sangat asam (pH 2, 87).
- **Kawah Kamojang**, memiliki luasan 20 x 30 m, berupa kolam lumpur dan sumber air panas dengan suhu maksimum di permukaan sekitar 90°C - 93°C. Semua sumber air panas adalah air asam sulfat dengan pH 2,7.
- **Kawah Hujan**, terletak 250 m di sebelah timur Kawah Berecek. Area ini memiliki luas 19 m x 15 m. Beberapa fitur termal terjadi seperti fumarol, mata air panas dan geyser. Suhu maksimum di permukaan sekitar 94°C, berupa air asam sulfat.
- **Kawah Saar**, terletak 220 m di sebelah timur laut Kawah Manuk dengan luas area sekitar 50 m x 25 m. Manifestasi termal permukaan di daerah ini terdiri atas kolam lumpur kering dan gunung lumpur kecil dengan suhu maksimum sekitar 90°C.

Selain obyek geowisata kawah juga terdapat obyek lainnya, seperti kolam air panas, fumarol, pot lumpur dan mata air panas. Sebagian besar cairan yang dikeluarkan dari fitur permukaan adalah asam dan mengandung konsentrasi sulfat yang tinggi, tetapi konsentrasi klorida yang sangat rendah. Konsentrasi ini biasanya terkait dengan sistem yang didominasi uap (Sumber: Muryanto M, 2010).

Atraksi Wisata Geyser

- **Kawah keretaapi**, merupakan bekas sumur panas bumi pada zaman Belanda. Uap yang keluar dari sumur ini terdengar nyaring



Gambar 4.10. Kiri atas: lokasi Mud pool Kawah Manuk, kiri tengah: Fumarol di Kawah Hujan, kiri bawah: manifestasi panas di Kawah Saar, kanan atas: Mud pool dan small hot spring di Kawah Kamojang area, dan Kanan bawah: Mud pool Kawah Berecek,

hingga jarak 200 meter, hal ini menunjukkan betapa kuatnya tekanan dari “Perut Bumi”. Konon, daya tarik lainnya adalah kemampuan salah satu kuncen (juru kunci) kawah bernama Abah Omo mampu memperbesar tekanan uap. Caranya, beliau masuk ke area sumur sambil membawa sebilah bambu dan rokok. Dengan teknik tertentu, beliau meletakkan bilah bambu



Gambar 4.11. Aktraksi Abah Omo untuk membunyikan suara Kawah Keretaapi.

dan mengembuskan rokok hingga terdengar bunyi seperti suara lokomotif keretaapi uap zaman dahulu. Oleh karena itu, lokasi atraksi memperbesar semburan uap panas dinamakan Kawah Keretaapi

- **Kawah Hujan**, merupakan salah satu lokasi di kawah Kamojang yang sering digunakan wisatawan untuk mandi sauna secara alami. Memang lokasi ini berbeda dengan mandi sauna di SPA, sebab panas dari uap kawah bisa membuat keringat keluar dengan baik akibat pori-pori kulit berfungsi optimal. Konon, bila mandi di lokasi ini berkhasiat menghilangkan sejumlah penyakit, seperti tekanan darah tinggi, sakit-sakit persendian, dan rematik. Mandi uap cukup dilakukan selama 10 menit, sudah cukup mandi keringat dan menyehatkan badan. Tidak jauh dari Kawah Keretaapi, melalui jembatan kecil yang disampingnya ada sumber mataair panas (*fumarol*), terdapat sebuah sauna alami untuk mandi uap panas dan konon Abah Koko sebagai juru kunci Kamojang siap ‘mengatur’ suhu serta arah uap melalui indera keenamnya.
- **Pemandian Air Panas Citepus**, terletak 2 km selatan dari manifestasi permukaan panas bumi utama. Pemandian air panas ini terletak di sisi selatan kawasan Kamojang. Keunikannya,



Gambar 4.12. Berkunjung ke Kawah Kamojang tak lengkap rasanya jika tidak mampir ke Kawah Hujan karena di kawah ini bisa menikmati mandi uap khas sauna.



Gambar 4.13. Kawasan wisata yang berada ± 500 meter dari jalan utama ini menawarkan kolam renang air panas yang mana sumber air panas kolam tersebut langsung diambil dari air panas Taman Wisata Alam Kawah Kamojang

memiliki karakteristik mata berbeda dengan fluida termal permukaan lainnya di daerah Kamojang. Suhu maksimum di permukaan adalah sekitar 55°C - 60°C dengan air bikarbonat.

Obyek pendukung wisata alam yang tersedia di kawasan wisata Kamojang, di kenal dengan sebutan Kamojang Ecopark. Obyek wisata ini menjadi sasaran utama wisatawan yang menyukai panorama



Gambar 4.14. Ecopark Kamojang merupakan sarawan wisata alam yang bisa menjadi pilihan untuk lebih dekat dan memahami alam serta memberikan kedamaian jiwa. Sarana wisata yang dibangun di kawasan hutan pinus menjadi andalannya.

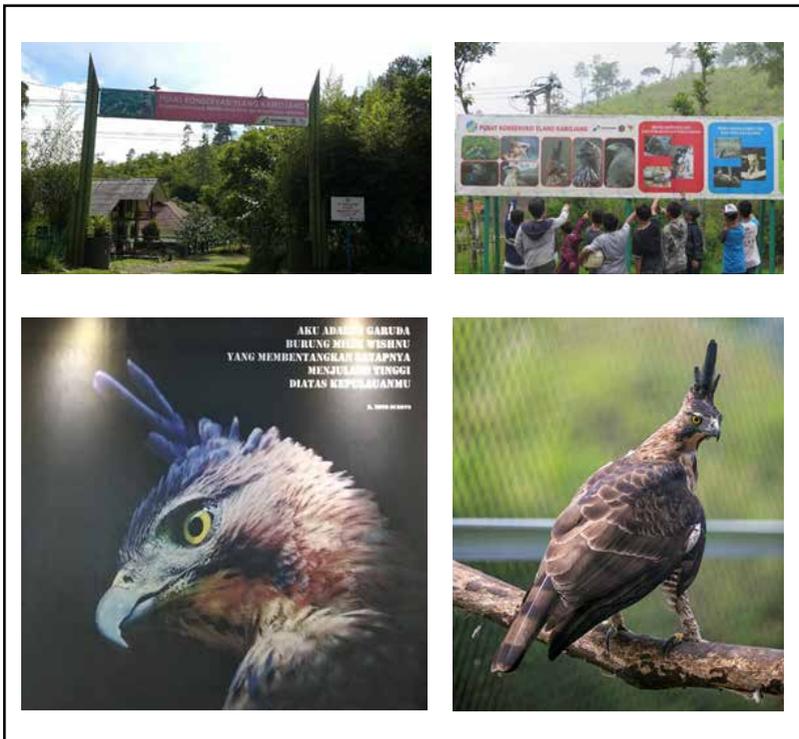
hutan pinus yang dilengkapi *view point* untuk mengabadikannya. Di tempat ini pun tersedia berbagai wahana permainan, seperti jembatan gantung, taman bunga, sepeda gantung, *flying fox*, dan spot berfoto menaiki balon udara, serta adanya hal unik berupa rumah panggung di atas pohon yang berfungsi sebagai restoran.

Program Konservasi Alam

Selain mengunjungi obyek-obyek wisata alam yang tersedia di kompleks PLTP Kamojang, juga dapat mengunjungi obyek wisata terkait dengan kegiatan *corporate social responsibility* (CSR) atau dalam bahasa Indonesia adalah “*Tanggung Jawab Sosial Perusahaan*” yang memiliki pengertian “*model bisnis yang membantu perusahaan dalam memenuhi tanggung jawabnya kepada pemangku kepentingan dan kepada masyarakat, terutama masyarakat di sekitar kawasan yang dikelola perusahaan.*” Program unggulan CSR PLTP Kamojang, di antaranya menfokuskan pada kegiatan: 1) Konservasi keanekaragaman hayati; 2) Program *Green School*; dan Program kesehatan masyarakat.

Pusat Konservasi Elang Kamojang

PLTP Kamojang mempunyai komitmen kuat dalam konservasi dan perlindungan keanekaragaman hayati. Hal ini tertuang dalam Surat Keputusan General Manager PLTP Kamojang SK001/PGE240/2018-S0 tanggal 21 April 2018, bahwa PLTP Kamojang ditetapkan sebagai area yang akan dilindungi keanekaragaman hayatinya. Juga 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.



Gambar 4.15. Pusat Konservasi Elang Kamojang: Upayakan Peningkatan Populasi Elang di Penjuru Indonesia. (Sumber foto: Afina Nurul, 2016).

Untuk mendukung perlindungan flora dapat mengacu pada UU No.5 Tahun 1990 tentang konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistem. Dalam hal ini 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 sekaligus mempertahankan ekosistem hutan konservasi dan hutan wisata alam, yang berdampingan dengan WKP Perusahaan.

PLTP Kamojang mengembangkan PKEK yang dibangun sejak tahun 2014 itu 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 Indonesia dan pertama yang menggunakan standar internasional dari *International Union for Conservation of Nature (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 (IWRC)* dan *Global Federation of Animal Sanctuary (GFAS)*.

Program Green School

Program *Green School* merupakan salah satu program pemberdayaan masyarakat unggulan. Tujuannya adalah memberikan pemahaman kepada siswa dan guru tentang pentingnya menjaga dan mengelola lingkungan hidup dengan baik dan berkelanjutan. Lingkungan hidup yang terjaga akan mendukung peningkatan kualitas kegiatan belajar. Program *Green School*, menjadi kontribusi PGE pada upaya pencapaian agenda tujuan 4 SDGs (*Sustainable Development Goals*) melalui kerja sama dengan lembaga pendidikan dan pemerintah daerah. Tujuannya untuk mengembangkan materi pembelajaran; mengembangkan layanan pendidikan; menghilangkan hambatan dalam mengakses; dan meningkatkan kualitas pembelajaran melalui bantuan sarana dan prasarana; serta memastikan lingkungan belajar bersih dan aman dengan



Gambar 4.15. Program Green School juga dilaksanakan PGE Area Kamojang bekerja sama dengan pengelola SD Kamojang, serta kader Bank Sampah Sangkan Amanah, Lacak, dan Taliber.

memberikan pengetahuan pengelolaan sampah dan mengajak siswa menanam pohon.

Program *Green School* juga dilaksanakan PLTP Kamojang bekerja sama dengan pengelola SD Kamojang, serta kader Bank Sampah Sangkan Amanah, Lacak, dan Taliber. Kegiatan meliputi bantuan ketersediaan alat kesehatan di sekolah; penanaman pohon dan penghijauan sekolah; edukasi dan pelatihan pembuatan *ecobrick* kepada murid kelas 4-6 maupun kader bank sampah; serta kampanye mengurangi sampah plastik dan membuat barang berguna dari sampah plastik.

Program Kesehatan Masyarakat

Program pemberdayaan masyarakat lainnya di PLTP Kamojang adalah Pendampingan balita dan lansia. Penerima manfaat adalah warga di Desa Kamojang, Desa Mekarwangi, Desa Sukakarya, Desa Ibum, dan Desa Cikaleang. Juga, melalui kegiatan ini perusahaan mendorong para ibu dan kaum perempuan di masing-masing desa untuk mengembangkan kegiatan kesehatan keluarga dan masyarakat.

Kegiatan Pemberian Makanan Tambahan (PMT) untuk meningkatkan derajat kesehatan dan kualitas gizi balita lansia. Untuk balita telah dilakukan setiap bulan sekali melalui 37 Posyandu dengan jumlah peserta lebih dari 1.500 balita, sementara

untuk lansia dilakukan dua bulan sekali dengan jumlah peserta lebih dari 50 orang lansia di Kecamatan Ibum dan Kecamatan Samarang. Seiring berjalannya waktu dan adanya data anak disabilitas, maka PLTP Kamojang pun mengelaborasi program PMT dengan terapi *edu-play* yang dilaksanakan di Desa Mekarwangi untuk anak berkebutuhan khusus (ABK). Jumlah penerima manfaat dalam program terapi eduplay sejumlah 17 ABK yaitu lumpuh layu, Autis, *Down Syndrome* dan Tuna Daksa yang didampingi oleh 18 Kader Desa Mekarwangi.

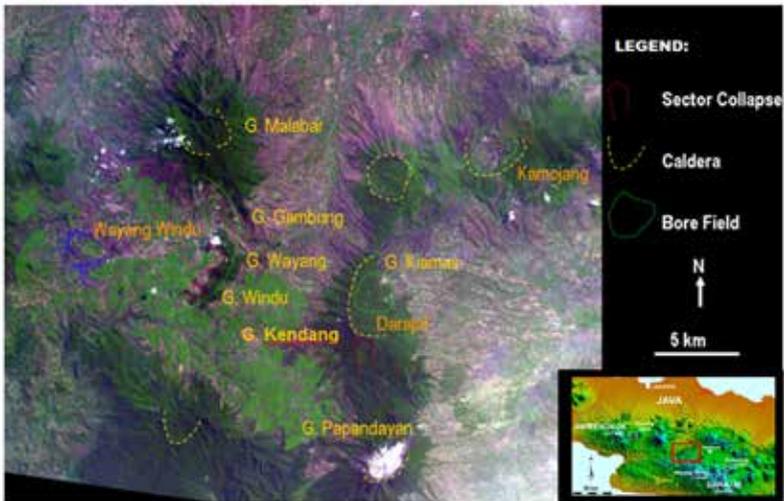
Kegiatan-kegiatan yang dilakukan PLTP Kamojang menjadi bentuk dukungan Perusahaan pada upaya Pemerintah dalam mewujudkan agenda Tujuan 15 SDGs: Ekosistem Daratan. Sesuai SDGs *Compass*, bentuk dukungan meliputi pengukuran, pengelolaan, dan pengurangan dampak pada ekosistem dan sumber daya alam; membiayai pemulihan lahan kritis untuk produksi dan/atau tujuan konservasi; mengurangi dampak pada ekosistem; dan menurunkan emisi karbon.

PANAS BUMI DARAJAT

Misteri
Suara Kendang

Misteri suara kendang yang dimaksud judul bab ini berkaitan dengan nama sebuah gunung di wilayah Garut Barat Daya, yaitu Gunung Kendang (2.617 mdpl). Gunung ini merupakan bagian dari pegunungan kuartar sepanjang 25 kilometer, mulai dari Gunung Papandayan di sebelah barat daya hingga Gunung Guntur (2000 mdpl) di timur laut dengan konfigurasi bentang alam bergunung, berbukit, dan berlembah dengan tingkat kemiringan lahan agak curam sampai curam. Rangkaian gunung api ini dikenal memiliki sistem panas bumi yang potensial. Gunung Kendang yang berada hampir di tengah-tengah pegunungan ini berperan sebagai sumber magma dan imbuhan air tanah bagi PLTP Darajat. Gunung Kendang memiliki nama lain, yaitu Gunung Kembang yang tertulis dalam naskah Bujangga Manik dan Peta Belanda yang terbit pada tahun 1850. Sedangkan nama Gunung Kendang adalah penamaan dari masyarakat kaki gunung bagian timur yang merujuk pada sasakala atau mitos yang menceritakan tentang rombongan wayang golek yang hilang di sekitar kawasan Gunung Kendang dan menyisakan suara kendang bertalu-talu di hari-hari tertentu.

Secara administrasi Gunung Kendang berada di Desa Padawaas, Kecamatan Pasirwangi, Kabupaten Garut dan berbatasan dengan Kabupaten Bandung. Posisinya terletak sekitar 20 km sebelah barat Kota Garut, sekitar 9 kilometer barat daya PLTP Kamojang, 10 km sebelah timur Lapangan Panas Bumi Wayang Windu, dan 10 km sebelah utara Potens Panas Bumi Papandayan. Sedangkan, secara geografis PLTP Darajat berada pada koordinat $7^{\circ}11'9''$ LS sampai $7^{\circ}15'40''$ LS, dan $107^{\circ}41'54''$ sampai $107^{\circ}45'40''$ BT.



Gambar 5.1. Komplek PLTP Darajat merupakan bagian dari rangkaian potensi panas bumi Pegunungan Selatan Jawa Barat, tepatnya berada di antara PLTP Kamojang (timur laut), PLTP Wayang Windu (barat), dan Potensi Panas Bumi Papandayan (selatan), (Sumber: Ian Bogie, drr., 2010).

Keragaman Geologi

Secara geologi, PLTP Darajat berada dalam kompleks Gunung Kendang yang terbentuk sejak jutaan tahun lalu, baik secara eksogen maupun endogen. Proses endogen dapat diakibatkan oleh aktivitas vulkanik yang masih berlangsung hingga saat ini seperti keberadaan kawah-kawah yang masih aktif dan sering terjadi gempa-gempa

mikro sebagaimana tercatat Pos Gunung Api terdekat. Sedangkan proses eksogen berupa pelapukan dan erosi yang diakibatkan oleh kontak langsung batuan dengan panas matahari serta angin dan hujan.

Proses-proses geologi yang berlangsung tersebut telah membentuk keragaman geologi yang dapat dikelompokkan menjadi keragaman bentang alam, keragaman batuan, keragaman struktur geologi, dan keragaman proses geologi. Di wilayah Darajat, keragaman proses geologi menjadi faktor utama keunikan keragaman geologi yang dicirikan dengan munculnya manifestasi panas bumi. Kini, keberadaannya telah dimanfaatkan sebagai PLTP Darajat.

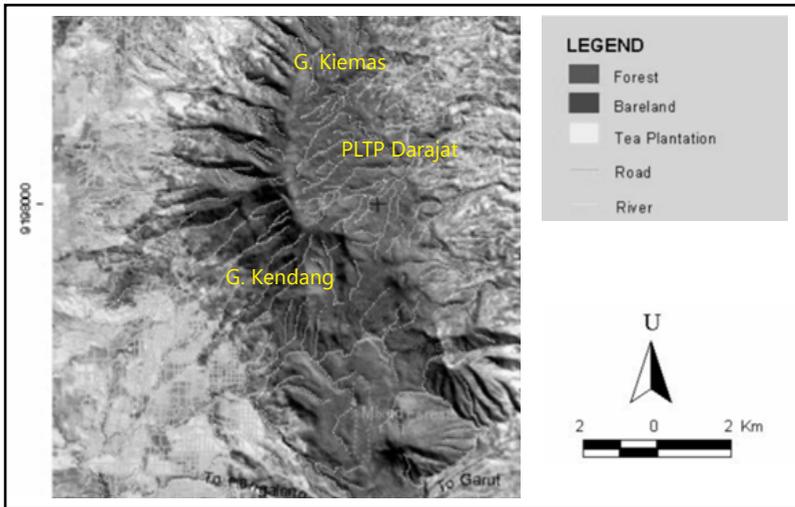
Deskripsi dari keragaman geologi yang dijelaskan di bawah ini dapat menjadi bahan dasar bagi para perencana ruang, pengelolaan lingkungan, dan pemandu geowisata. Bagi perencana dapat menjadi bahan perencanaan tata ruang, khususnya dalam rencana tata ruang detail (RDTR). Bagi para pengelola lingkungan dapat menjadi dasar dalam mengimplementasikan peraturan zonasi yang dihasilkan RDTR. Bagi para pemandu geowisata dapat bermanfaat sebagai dasar dalam menyusun interpretasi geologi populer dan menentukan berbagai jalur geowisata.

Keragaman Bentang Alam

Keragaman bentang alam Gunung Kendang dan sekitarnya tidak terlepas dari struktur geologi yang berkembang di sepanjang 7,5 km terutama di sebelah barat PLTP Darajat (Gambar 5.1) yang dikenal sebagai sesar Kendang. Pola kelurusan atau drainase yang berbeda di sisi barat sesar Kendang menunjukkan keruntuhan sektor dari stratovolcano yang sudah ada sebelumnya di bagian timur (Hadi, drr., 2005). Ukuran keseluruhan dan bentuk keruntuhan menunjukkan adanya kaldera puncak berarah barat laut yang memanjang hampir utara-selatan (lihat Gambar 5.2), serupa bentuknya dengan kawah puncak Gunung Papandayan di bagian selatan (Hadisantono, 2006), meskipun lebih besar karena keruntuhan di Kompleks Panas Bumi Darajat berasal dari kaldera puncak. Pusat erupsi riolitik berada

di Gunung Kiamas yang berada di utara lapangan panas bumi Darajat (Hadi, drr., 2005). Keruntuhan sektor kaldera puncak kecil ditemukan di bagian selatan lokasi runtuhnya sektor utama atau berada di bagian selatan dan tenggara Gunung Kendang, (Gambar 5.2).

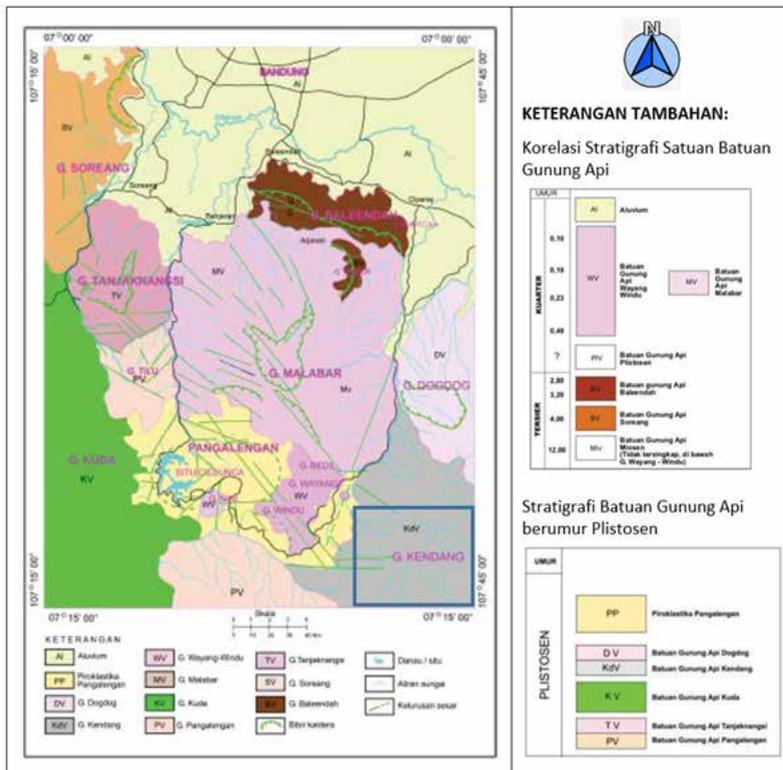
Lapangan panas bumi yang terbentuk di kawasan Darajat berkaitan dengan pembentukan bentang alam akibat pusat erupsi andesit yang sangat matang dan telah mengalami keruntuhan kaldera yang diikuti dengan bangkitnya kegiatan vulkanisme. Peristiwa tersebut diakibatkan oleh berkembangnya sesar yang memicu sistem panas bumi semakin meluas sehingga mampu melemahkan tumpukan vulkanik secara ekstensif. Hal ini biasanya membutuhkan sistem hidrotermal air meteorik besar untuk hadir dan kehadirannya secara permanen menjadi target utama sebagai sumber daya panas bumi yang dapat dieksploitasi.



Gambar 5.2. Menunjukkan keadaan bentang alam di wilayah Darajat dan sekitarnya yang terlihat punggung bukit yang memanjang utara-selatan dengan inti bentang alam adalah Puncak Gunung Kendang.

Keragaman Batuan

Menurut hasil penelitian Bronto drr., (2006), secara regional batuan penyusun wilayah Darajat dan sekitarnya termasuk satuan batuan Gunung Kendang (Gambar 5.3). Satuan batuan tersebut menumpang di atas batuan gunung api Miosen ($12,0 \pm 0,1$ juta tahun yang lalu) yang berada di bawah permukaan. Sedangkan secara rinci, mengacu pada hasil penelitian Joandry Sandy, drr., (2015) yang membagi satuan batuan berdasarkan satuan litostatigrafi tidak resmi menurut Sandi Stratigrafi (SSI Indonesia, 1996). Adapun urutan dari tua sampai muda, adalah (Gambar 5.3) :1) Litodem



Gambar 5.3. Peta Geologi Bandung Selatan (modifikasi dari Silitonga, 1973). Kotak biru di sudut kanan bawah adalah Gunung Kendang tempat panasbumi Darajat berada.

basalt Guha; 2) Satuan breksi-vulkanik Kendang (Kbv); 3) Litodem basalt Cawene (Cb); 4) Litodem andesit-piroksen Mariuk (Ma); 5) Satuan Tuf Kiamis; dan 6) endapan Alluvial. Masing-masing satuan batuan dijelaskan sebagai berikut:

1. **Litodem basalt Guha**

Litodem basalt Guha ini tersusun atas litologi batuan beku Basa Vulkanik, yaitu *Vitrophyre* basalt (klasifikasi Williams, 1982), merupakan satuan tertua dalam stratigrafi Lapangan Panas Bumi (LPB) Darajat. Secara megaskopis berwarna abu-abu gelap, dengan komposisi tersusun oleh plagioklas, olivin, dan piroksen, dengan tekstur; DK: hipokristali dan DG: Afanerik. Berdasarkan analisis petrografi teramati tekstur *Vitrophyre* (fenokris yang tertanam dalam masa dasar gelas), berwarna abu-abu kekoklatan, dengan komposisi mineral terdiri atas plagioklas, piroksen, klorit, dan mineral opak.

Litodem basalt Guha ini tersingkap pada bagian Baratlaut Gunung Cawene, dengan luas daerah penelitian sekitar 8% dari luas keseluruhan LPB Darajat. Lokasi singkapan basalt Guha ini dapat dijumpai di hulu sungai Cibeureum, sekitar Titik Pemantau Air Permukaan, berada di wilayah Desa Karyamekar, sepanjang lereng Gunung Guha menuju Gunung Cawene. Menurut Bogie & Mackenzie (1998) (dalam Sutikno Bronto 2006), adanya *shetting joint* di litodem basalt Guha, maka fasies gunung apinya dapat diidentifikasi sebagai produk aliran lava dan berdasarkan struktur geologi, lingkungan pengendapan litodem basalt Guha termasuk tipe proksimal.

2. **Satuan breksi-vulkanik Kendang**

Satuan ini didominasi oleh breksi vulkanik monomik berfragmen basalt, berbentuk menyudut, matrik berupa lempung yang merupakan hasil pelapukan dari ubahan tuf dengan sortasi buruk dan adanya semen silika. Berdasarkan hasil analisis petrografi yang dilakukan Joandry Sandy, dr., (2015), kemungkinan fragmen breksi berasal dari Litodem Basalt Kendang.

Satuan ini tersingkap di lereng vulkanik tengah Gunung Kendang,

sebelah barat Gunung Batukareta, dengan luasan sekitar 30% dari luas keseluruhan KPB Darajat. Lokasi dari satuan breksi vulkanik ini terdapat di desa Karyamekar, di sepanjang hulu Sungai Cipandai dan Cigagak. Merupakan daerah Cagar Alam (Nature reserve) dan sebagian kecil sudah menjadi perkebunan warga.

Selain itu, satuan breksi vulkanik Kendang ini mempunyai ciri-ciri monomik dengan fragmen berukuran bongkah (>2-56mm) sampai Kerakal (64-256 mm), yang artinya satuan ini diendapkan tidak terlalu jauh dari sumberdaya. Mengacu kepada hasil identifikasi yang dilakukan Bogie & Mackenzie (1998) (dalam Sutikno Bronto 2006) menunjukkan bahwa fasies gunung api ini berasal dari satuan batuan yang terendapkan dekat dengan lokasi sumber atau fasies pusat, sehingga diinterpretasikan bahwa lingkungan pengendapan satuan breksi-vulkanik Kendang ini termasuk fasies proksimal.

3. *Litodem basalt Cawene*

Secara megaskopis litodem ini didominasi oleh litologi basalt, yang berwarna hitam gelap, DK: hipokristalin dan DG: afanirik, dengan komposisi mineral plagioklas, olivin, dan piroksen, memiliki tekstur *Vitrophyre* (Fenokris yang tertanam dalam masa gelas) termasuk dalam batuan beku vulkanik basa berwarna keabu-abuan dengan komposisi mineral yang terdiri atas plagioklas, piroksen, olivin, mineral opak, dan hadirnya mineral sekunder yaitu klorit, sehingga berdasarkan klasifikasi Williams (1982), didapatkan nama *Vitrophyre Basalt*.

Litodem Basalt Cawene tersebar di sebelah timur-tenggara Gunung Cawene di sepanjang hulu sungai Cigununggaul dan Sungai Cigaransing, tepatnya berada di Desa Sarimukti, Kecamatan Cisurupan. Hasil Identifikasi yang dilakukan Bogie & Mackenzie (1998) (dalam Sutikno Bronto 2006) menunjukkan bahwa fasies gunung api berasal dari satuan batuan yang terendapkan dekat dengan lokasi sumber atau fasies pusat, sehingga diinterpretasikan bahwa lingkungan pengendapan

satuan breksi-vulkanik Kendang ini termasuk fasies proksimal. Singkapan litodem ini memiliki luas kurang lebih 19% dari keseluruhan LPB Darajat.

4. ***Litodem andesit-piroksen Mariuk***

Litodem andesit-piroksen Mariuk tersusun dari litologi batuan beku intermediet, yaitu andesit piroksen berkekar melembar. Pengamatan secara megaskopis di lapangan mempunyai ciri-ciri berwarna abu-abu, dengan tekstur; DK: hipokistalin dan DG: afanitik. Berdasarkan analisa petrografi, litodem ini berupa tekstur aliran *Qtilotaxitic*, bentuk kristal subhedral-anhedral, berwarna abu-abu kehijauan, dengan komposisi mineral plagioklas, piroksen, mineral opak, dan klorit. Sehingga, menurut klasifikasi williams (1982), didapatkan nama batuan *Pilotaxitic Pyroxene Andesite*.

Litodem andesit-piroksen Mariuk ini memiliki luas kurang lebih 24% dari luas keseluruhan LPB Darajat berada di sekitar pompa air Cipandai, tenggara-selatan dari Gunung Cawene. Lokasi Singkapan Litodem andesit-piroksen Mariuk ini tersebar disepanjang tubuh sungai utama Cipandai, yang termasuk wilayah administrasi Desa Sarimukti, Kecamatan Cisarupan. Di beberapa lokasi, Litodem andesit-piroksen Mariuk ini mempunyai ciri-ciri struktur melembar. Mengacu pada kriteria fasies gunung api, maka berdasarkan hasil identifikasi yang dilakukan Bogie & Mackenzie (1998) (dalam Sutikno Bronto 2006) menunjukkan bahwa pengendapan Litodem andesit-piroksen Mariuk ini termasuk kedalam fasies Proximal.

5. **Satuan tuf Kiamis**

Secara megaskopis, satuan tuf Kiamis ini di lapangan menampilkan warna putih terkadang putih kebiruan, putih kemerahan, dan putih kecoklatan. Mempunyai ukuran butir >0,02 mm, berstruktur masif dengan kandungan mineral feldspar, mineral opak, piroksen, dan lithic. Di beberapa lokasi menunjukkan singkapan tuff yang telah teralterasi dengan kenampakan di lapangan sangat lunak, mengandung mineral

berupa kaolinit, yaitu jenis mineral lempung *non swelling*, yang berperan sebagai penciri mineral alterasi pada kondisi asam di atas permukaan. Dari hasil pengujian dengan menggunakan *Methylene Blue* menunjukkan kandungan mineral ubahan lempung *smectite* sangat tinggi pada beberapa lokasi pengamatan. Secara petrografis yang mengacu pada klasifikasi Williams (1982), ditemukan 2 litologi tuff, yaitu Lithic Tuff dan Vitric Tuff, dengan komposisi mineral terdiri atas felspar, piroksen, lithic, mineral opak dan debu.

Penyebaran Satuan tuf Kiamis ini tersebar di sekitar Gunung Cawene, dengan luas sekitar 15% dari luas keseluruhan wilayah LPB Darajat yang berada memanjang di bagian utaranya. Satuan ini tersingkap jelas di Kawah Manuk dan Kawah Darajat, yang berasosiasi dengan daerah manifestasi panas bumi di sekitar Gunung Cawene, Desa Karyamekar. Litologinya terdiri atas tuf masif, aliran lava, dan aglomerat. Keberadaan tuf masif sangat dominan, sementara aliran lava dan aglomerat sangat jarang ditemukan, bahkan dapat dikatakan tidak ditemukan.

6. Satuan endapan Alluvial

Endapan aluvial ini merupakan hasil proses eksogen terutama erosi tanah pada dinding sungai yang telah mengalami pelapukan tinggi. Proses erosi semakin membesar bahkan terjadi gerakan tanah bila di picu oleh proses endogen seperti gempa bumi yang sering terjadi di wilayah Garut ini. Umumnya bagian lembah berbentuk V yang dilewati aliran sungai, terutama di sepanjang sungai utama berperan sebagai media pembawa endapan. Penyebarannya menempati kurang lebih 4% dari luas keseluruhan LPB Darajat dan secara megaskopis, mempunyai kenampakan di lapangan berwarna coklat kemerahan.

Diagram skema yang menunjukkan interpretasi stratigrafi dan korelasi antara batuan permukaan dan batuan bawah permukaan di Lapangan Darajat (lihat Gambar 5.4 bawah). Sampel batuan bawah permukaan yang di ambil pada sebaran Vulkanik Kiamis yang terletak di barat laut dan Piroklastik Rakutak yang terletak di

timur laut area produksi menunjukkan tidak adanya korelasi. Garis putus-putus yang tebal menunjukkan peristiwa dekompresi yang dihipotesiskan oleh Moore J (2007) atau batas waktu antara sistem panas bumi yang saat itu didominasi air dan sistem yang didominasi uap saat ini. (Sumber: Rindu Grahabhakti Intani, dr., 2020).

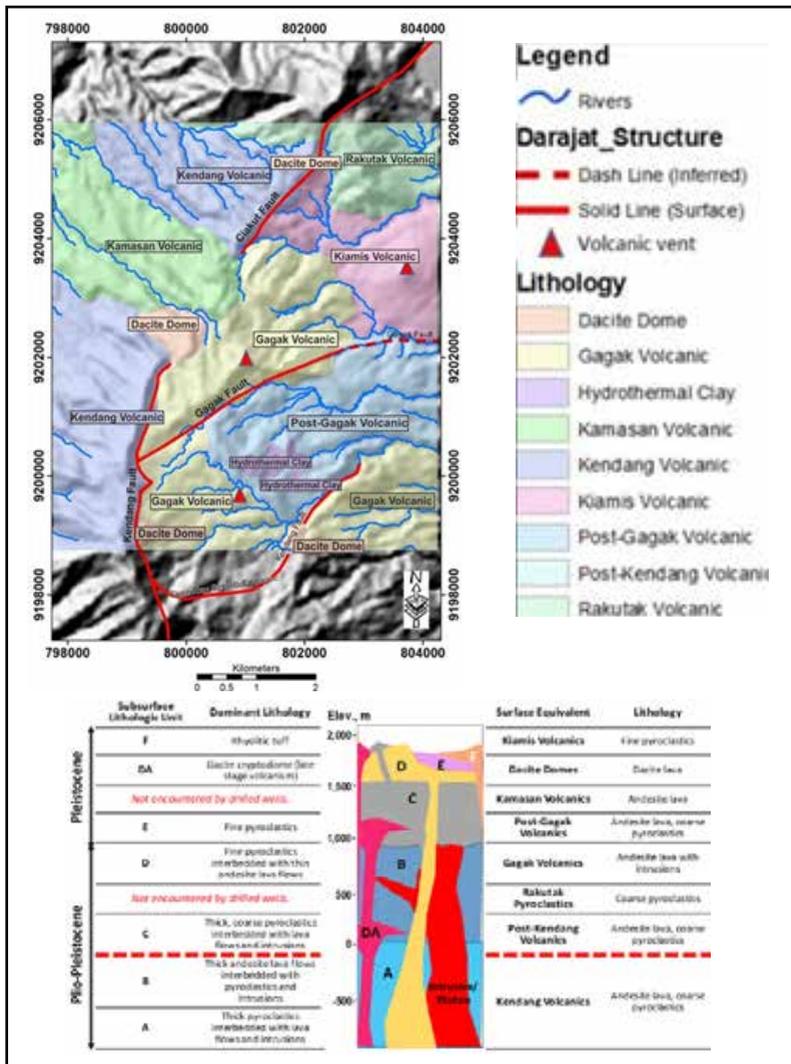
Kompleks Andesit-Intrusif, yang terdiri atas reservoir panas bumi Darajat dan bagian sub-vulkanik yang diduga dari sistem panas bumi yang didominasi cairan sebelumnya, termasuk dalam Vulkanik Kendang yang membentuk Unit bawah permukaan A dan B (Gambar 5.4 bawah). Pada unit tersebut menunjukkan bahwa intrusi diorit tidak menembus Pasca-Kendang Vulkanik atau Unit bawah permukaan C, sehingga rekahan efektif yang menghasilkan fluida panas bumi lebih banyak terdapat pada aliran lava dan intrusi dibandingkan pada piroklastik (Rejeki S, dr., 2010). Dengan demikian, langkah pemetaan sebaran kompleks Andesit-Intrusif adalah kunci untuk menemukan permeabilitas di Lapangan Darajat.

Keragaman Struktur Geologi

Menurut Sri Rejeki, dr., (2010), keadaan struktur geologi di wilayah sekitar lapangan panas bumi Darajat (Gambar 5.5), terdiri atas tiga zona sesar. Ketiganya telah diidentifikasi berdasarkan hasil pemboran dan hasilnya memiliki peran penting dalam pengembangan PLTP Darajat.

- 1) Sesar Gagak merupakan zona permeabilitas reservoir yang ditingkatkan dan telah berfungsi sebagai target pengeboran penting untuk banyak sumur produksi.
- 2) Sesar Kendang merupakan zona permeabilitas lainnya yang penting dan sweet spot tersebar di area sebelah timur Sesar Kendang. Banyak dari sumur terbaik di lapangan telah ditargetkan untuk fitur ini, yang kini dikenal sebagai "S-fault".
- 3) Sesar Cibeureum merupakan daerah produktivitas panas bumi yang lebih rendah dibandingkan dua sesar lainnya.

Sumur hasil pemboran pada bagian lapangan Darajat ini mengalami tekanan reservoir awal yang lebih rendah, dan

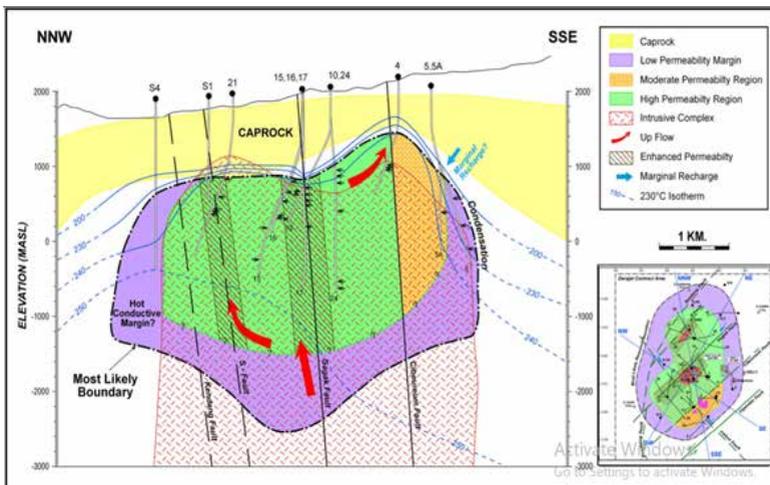


Gambar 5.4 (atas). Pola drainase dan satuan batuan permukaan di Lapangan Darajat berdasarkan data LIDAR. Perhatikan bahwa hanya bagian bidang yang berwarna yang memiliki data LIDAR; bagian bawah adalah bagian dari peta IKONOS 2003. (Sumber: Rindu Grahabhakti Intani, drr., 2020). Gambar 54 (bawah) Diagram skema yang menunjukkan interpretasi stratigrafi dan korelasi antara batuan permukaan dan batuan bawah permukaan di Lapangan Darajat.

menghasilkan uap dengan konsentrasi *noncondensable* gas (NCG) yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan tekanan dan kimiawinya berada pada jalur aliran keluar sistem dan kemungkinan Sesar Cibereum menjadi penghalang kelulusan (permeabilitas) parsial yang memisahkan wilayah ini dari wilayah yang bersuhu lebih tinggi. Diketahui batuan yang lebih lulus (*permeable*) berada di wilayah bagian barat. Sementara peran

Sesar Ciakut berarah NW-SE juga belum dipahami dengan baik. Hasil pemboran pun belum memberikan kejelasan, apakah sesar ini memberikan peningkatan kelulusan sesumber (permeabilitas) ke sistem. Namun, dari beberapa sumur pemboran menunjukkan sesar ini bisa menjadi jalan potensial untuk pengisian ulang secara marjinal ke dalam sistem.

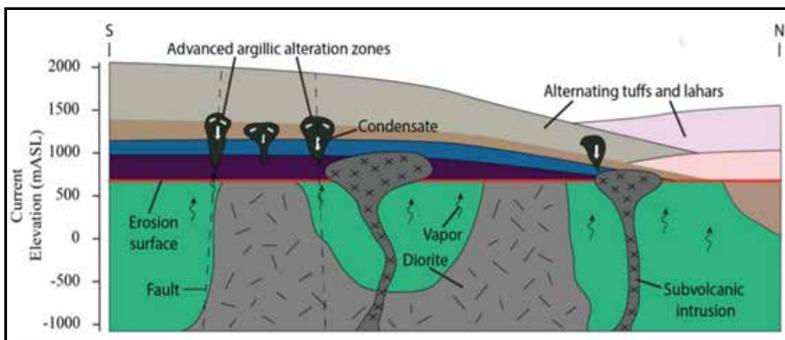
Juga, keadaan geologi bawah permukaan yang berkaitan dengan pengaruh struktur geologi, salah satunya diteliti oleh Joandry Sandy, dr., (2015). Menurutnya, pola struktur geologi pada sistem panas bumi lapangan Darajat di dominasi uap (*vapour dominated*), yang



Gambar 5.5. Penampang melintang yang menunjukkan model konseptual geologi yang diperbaharui, pada sistem panas bumi Lapangan Darajat. (Sumber: Sri Rejeki, dr., 2010).

dicirikan oleh tingkat peresapan air (*recharge*) yang kecil, namun memiliki tingkat kelulusan batuan reservoir yang besar (*fracture permeability*). Proses pembentukan alterasi hidrotermal (panas bumi) di Kawasan Darajat dimulai dengan adanya interaksi fluida yang masuk ke bawah permukaan secara infiltrasi melalui batuan berpori dan celah terbuka (sesar dan kekar) yang kemudian berinteraksi dengan sumber panas dari aktivitas vulkanik (batuan plutonik) menghasilkan fluida hidrotermal dan uap (*steam*). Berdasarkan alterasi hidrotermal di Desa Mekarjaya dan sekitarnya, kandungan mineral yang dimilikinya dibagi menjadi dua tipe alterasi yaitu alterasi argilik dan alterasi propilitik.

Kemudian Thomas M. Etzel, dr., (2015), melakukan beberapa penelitian di wilayah Darajat, di antaranya terkait dengan fenomena hubungan permeabilitas dan struktur geologi. Hasil penelitiannya dijelaskan melalui gambar 5.6 yang memperlihatkan penampang melintang dari utara ke selatan pada lapangan panas bumi Darajat menggambarkan bahwa reservoir terdiri atas intrusi diorit dan alterasi propilitik tahap 1 (hijau). Permukaan erosi tektonik (garis merah) dihasilkan setelah keruntuhan sisi yang kemudian mengendapkan tuf muda, lahar, dan intrusi subvulkanik. Uap kaya asam yang naik mengembun (panah putih) kemudian meresap ke bawah melalui patahan dan rekahan; kondensat ini membentuk halo

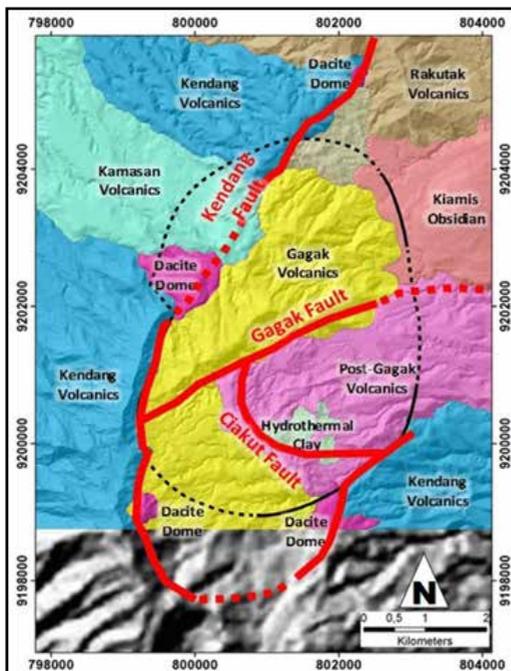


Gambar 5.6. Penampang melintang dari utara ke selatan lapangan panas bumi Darajat menurut Thomas M. Etzel, dr.,(2015) dalam Joandry Sandy, dr., (2015).

alterasi argilik lanjut (hijau tua) dan urat anhidrit-turmalin Tahap 3.

Analisis LIDAR yang dilakukan oleh Rindu Grahabhakti Intani, drr., (2020), memberi gambaran keadaan struktur geologi khususnya terkait dengan permeabilitas yang selama ini tidak selalu jelas (Sri Rejeki, drr., 2010). Dengan data LIDAR tersebut terungkap penjelasan tiga struktur geologi berupa sesar (patahan) yang nampak di permukaan, yaitu Kendang, Gagak, dan Ciakut (Gambar 5.7).

Sesar Kendang yang menonjol dan memanjang sampai ke Lapangan Panas Bumi Kamojang di timur laut, mungkin merupakan bagian dari struktur cincin gunung berapi sebelumnya, yang kemudian di kawasan Darajat disebut Kaldera Kendang. Meskipun, membutuhkan pembuktian lebih lanjut, namun sementara ini Moore J., (2007) menghipotesiskan bahwa peristiwa dekompresi ada kemungkinan terkait dengan erupsi Gunung Kendang (Intani RG, drr., 2018). Sedangkan Sesar Gagak adalah struktur permukaan lain



Gambar 5.7. Peta geologi permukaan Lapangan Darajat menunjukkan interpretasi struktur berdasarkan data LIDAR dan offset batuan reservoir. Baik struktur Kendang maupun Gagak menonjol di permukaan sementara Ciakut terkubur; struktur putus-putus di mana disimpulkan. Data LIDAR hanya mencakup bagian peta yang berwarna. Warna sesuai dengan batuan bawah permukaan pada Gambar 41. Poligon hitam mewakili batas produksi; putus-putus ketika tidak dibatasi dengan data sumur. (Sumber: Rindu Grahabhakti Intani, drr., 2020).

yang menonjol dan diyakini terbentuk selama letusan gunung Gagak yang bangkit kembali setelah erupsi Gunung Kendang. Terakhir, integrasi stratigrafi reservoir menggambarkan struktur Sesar Ciakut telah membentuk tumpukan batuan hasil dari runtuhnya dinding kaldera Gagak.

Struktur geologi yang diperbarui tersebut telah meningkatkan pemahaman yang berkaitan dengan kelurusan permukaan pada reservoir dalam membantu keberhasilan pengeboran sumur uap. Sebelumnya, ada pemahaman yang samar tentang peran fitur permukaan ini dalam reservoir panas bumi. Sesar Kendang jelas terlihat dari data LIDAR tetapi interpretasi baru dari kemiringan 70° ke arah timur dapat membantu penargetan yang baik di masa depan dan pemodelan konseptual. Demikian pula, penggambaran Sesar Gagak dan Ciakut dapat menjelaskan sebagian geokronologi vulkanisme di wilayah Darajat dan sekitarnya.

Evolusi Geologi Kompleks Darajat

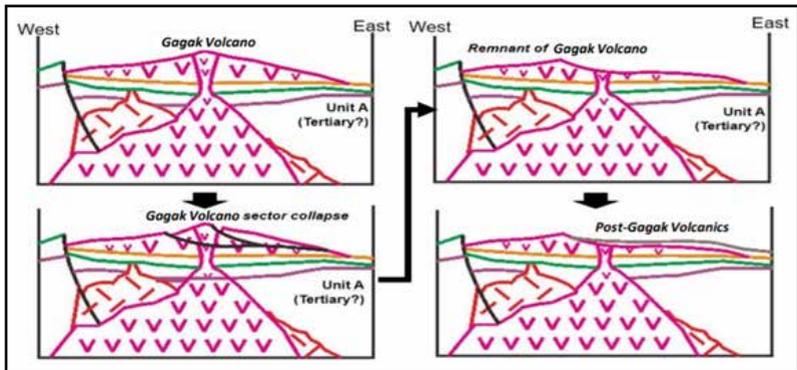
Beruntung data kegeologian dan kegunungapian di kawasan Darajat dan sekitarnya cukup melimpah. Hal ini tentunya berkaitan dengan kepentingan pengembangan PLTP Darajat sehingga berbagai penelitian dari sudut pandang yang berbeda banyak dilakukan. Salah satunya dilakukan oleh Rindu Grahabhakti Intani, dr., (2020) yang menginterpretasikan bahwa evolusi pembentukan kaldera Darajat akibat runtuhnya Gunung Kendang Tua. Hasil penelitian ini secara tidak langsung sangat menarik dan penting dalam interpretasi geowisata, karena hal-hal yang berkaitan dengan sejarah geologi sangat disukai oleh para geowisatawan.

Menurutnya Rindu Grahabhakti Intani, dr., (2020), pembentukan Kaldera Darajat diawali dengan keberadaan Sesar Kendang yang sudah ada sebelum Gunung Gagak Tua lahir. Dalam hal ini, magma tampaknya telah menggunakan Sesar Kendang untuk mencapai permukaan dan membentuk komposit stratovolcano Kendang Tua, yang kemudian terbentuk sebagai intrusi sub-vulkanik berupa aliran lava andesit dan piroklastik (Unit A), (Gambar 5.7).

Interpretasi ini sejalan dengan pendapat Martodjojo S (2003) yang menyimpulkan bahwa orogeni Jawa Barat yang terjadi pada Plio-Pleistosen merupakan peristiwa tektonik besar yang memunculkan sesar-sesar utama maupun lokal seperti kemunculan Sesar Kendang dan Gunung Kendang Tua di wilayah Darajat dan sekitarnya.

Peristiwa letusan Gunung Kendang mengakibatkan kehancuran hampir seluruh tubuh gunung api dengan punggungan menonjol di wilayah Darajat bagian barat sebagai sisa gunung api atau sebagai dinding kaldera dan puncaknya disebut Gunung Kendang. Kejadian ini serupa dengan keruntuhan kaldera yang terjadi pada Gunung St. Helens, gunung api yang terletak di negara bagian Washington, Amerika Serikat.

Setelah letusan gunung Kendang, ada masa tenang sebelum vulkanisme kembali dan dapat diyakini bahwa vulkanisme yang bangkit kembali di daerah tersebut menghasilkan Gunung Gagak, yang terbentuk di dalam kaldera Kendang (Gambar 5.8). Serupa dengan Gunung Kendang, letusan Gunung Gagak menghasilkan keruntuhan sektor yang menghancurkan hampir seluruh gunung api. Runtuhnya sektor ini diyakini telah membentuk Sesar Ciakut

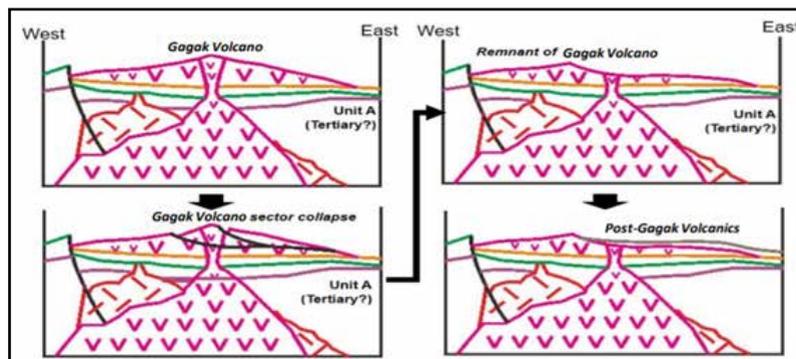


Gambar 5.8. Model konseptual pembentukan gunung Kendang dan keruntuhannya kemudian. Keberadaan Sesar Kendang, menyebabkan magma mampu naik ke permukaan dan membentuk strato-volcano Kendang, kemudian terbentuk sebagai intrusi sub-vulkanik. Letusan berikutnya menyebabkan stratovolcano ini hancur membentuk kaldera dengan punggungan menonjol di Darajat barat sebagai sisa gunung api. (Sumber: Rindu Grahabhakti Intani, drr., 2020).

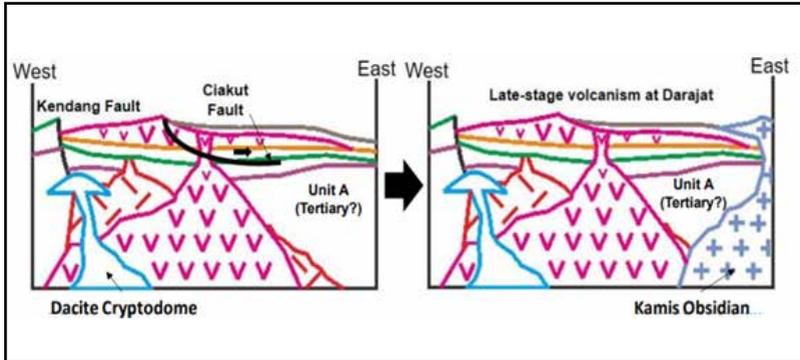
yang kemudian tertimbun oleh Gunung Api pasca-Gagak, (Sumber: Rindu Grahabhakti Intani, dr., 2020).

Kemudian Rindu Grahabhakti Intani, dr., (2020), menyatakan bahwa vulkanisme terbaru di Lapangan Darajat diwakili oleh kubah kripto dasit yang hanya ditemukan di sisi barat lapangan. Kubah kripto umum terjadi di gunung berapi besar dan diyakini bahwa kubah kripto di Darajat barat naik melalui zona lemah yang dibentuk oleh aktivitas Sesar Kendang. Hal ini dapat dilihat melalui Gambar 5.9. Pada gambar tersebut menunjukkan Sesar Kendang sebagai bagian dari struktur cincin Gunung Kendang yang memperlihatkan aktivitas vulkanisme termuda di daerah Darajat. Hal ini dibuktikan dengan adanya Kiamis Obsidian dan Tuf Riolitik yang ditemukan di timur laut. Obsidian kaca yang segar dapat ditemukan secara luas di wilayah ini

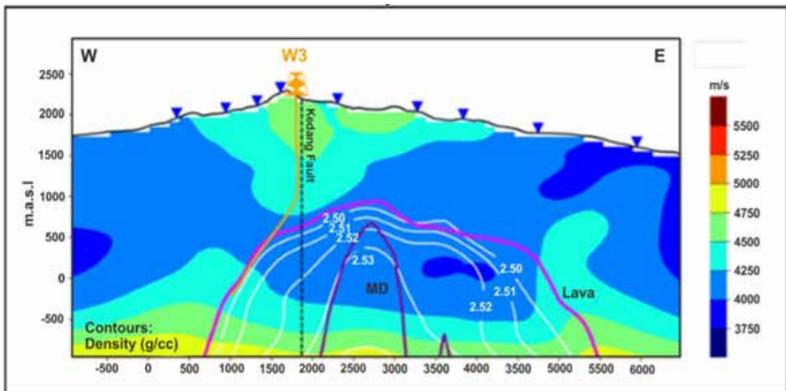
Juga pada Gambar 5.11 dapat ditafsirkan bahwa pada vulkanik Kamasan di bagian barat laut kawasan Darajat belum ditemukan indikasi panas bumi, namun dari data sumur bor diyakini sebagai situs gunung api runtuh yang lebih kecil dan didukung data permukaan yang menunjukkan pola aliran sungai berbentuk paralel. Demikian



Gambar 5.9. Model konseptual pembentukan gunung berapi Gagak dan keruntuhannya kemudian. Gunung Api Gagak diinterpretasikan terbentuk dari kaldera Kendang karena vulkanisme yang bangkit kembali. Sama halnya dengan Gunung Kendang, Gunung Gagak juga mengalami erupsi dan mengalami sektoral. (Sumber: Rindu Grahabhakti Intani, dr., 2020).



Gambar 5.10. Konseptual gunung api-stratigrafi lapangan panas bumi Darajat saat ini. Gambar kiri menunjukkan penempatan kriptodome dasit di sepanjang Sesar Kendang di bagian barat medan Darajat dan pergerakan di sepanjang Sesar Ciakut, yang diyakini sebagai struktur yang terkubur. Gambar kanan menggambarkan ekstrusi Kiamis Obsidian yang ditemukan di timur laut lapangan. (Sumber: Rindu Grahabhakti Intani, dr., 2020).



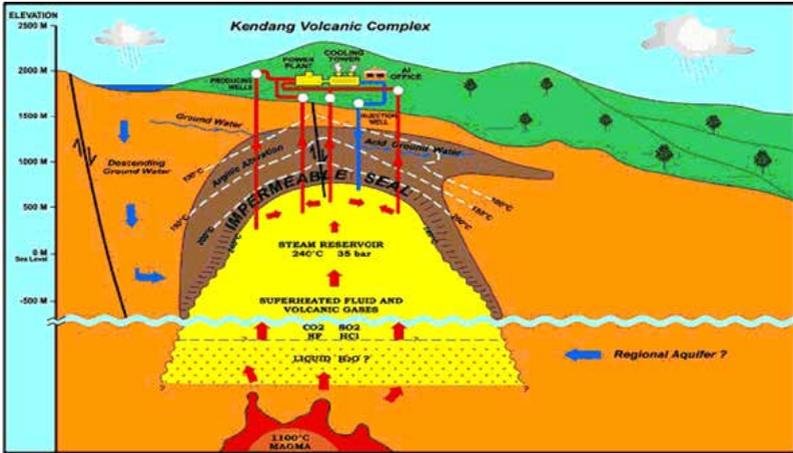
Gambar 5.11. Inversi densitas V_p gabungan menggunakan gradien silang terhadap porositas menunjukkan penggambaran badan intrusi utama, MD, dan luas aliran lava. Secara kolektif, kedua unit ini disebut Kompleks Intrusif Andesit, yang terdiri dari reservoir panas bumi utama di Darajat dan diyakini sebagai bagian subvulkanik dari sistem hidrotermal air panas sebelumnya Moore J (2007), pendahulu dari reservoir uap saat ini. Kontur putih ($>2,5$ g/cc) mewakili model densitas dan dinilai mewakili lava oleh Soyer W, (2017). (Sumber: Rindu Grahabhakti Intani, dr., (2020).

pula, Vulkanik Rakutak di timur laut belum teridentifikasi di semua sumur bor di kawasan Darajat, tetapi berdasarkan data bawah permukaan hasil pemboran diyakini berumur lebih tua atau sama dengan Vulkanik Pasca-Kendang. Sedangkan bentukan (*Geobody*) dari intrusi mikro-diorit dan lava andesit, yang dikenal sebagai Kompleks Intrusif Andesit, telah divalidasi dengan pemodelan inversi gabungan 3D gelombang P (V_p) dan densitas dengan menggunakan porositas sebagai kendala oleh Soyer, drr., (2017).

Pada gambar 5.10 menunjukkan puncak formasi lava dan intrusi mikro-diorit (MD) dengan V_p yang relatif rendah meluas ke porositas yang lebih rendah dan pada formasi lava dengan kerapatan yang lebih tinggi. Hubungan ini sesuatu yang diharapkan karena batuan sifat fisik batuan umumnya lebih rapuh dan memiliki kerapatan rekahan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan piroklastik. O'Connell, R.J. and Budiansky, B. (1974) melaporkan bahwa kecepatan gelombang menurun ketika kerapatan rekahan meningkat, perubahan fasa dari cair menjadi uap dalam matriks batuan menyebabkan terjadinya penurunan tekanan dan suhu. Hal ini terbukti ketika Lapangan Darajat telah berproduksi komersial sejak tahun 1994 dengan ekstraksi massal yang terus menerus telah menurunkan tekanan reservoir.

Manifestasi Panas Bumi Darajat

Gambar 5.12 di bawah ini adalah integrasi semua data ke dalam model konseptual geologi yang dilakukan oleh Kasbani (2010). Hasilnya menunjukkan bahwa konseptual Model Sistem Panas Bumi Lapangan Darajat didominasi oleh uap panas yang dikontrol oleh struktur di dalam 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 yang menghasilkan beberapa bentuk manifestasi di permukaan. Ketebalan lapisan batuan panas bumi (*reservoir*) yang produktif mencapai hingga ~1220 meter (~4000 feet), terdapat dalam batuan lava andesit, intrusi mikrodiorit, dan piroklastik dengan sebaran

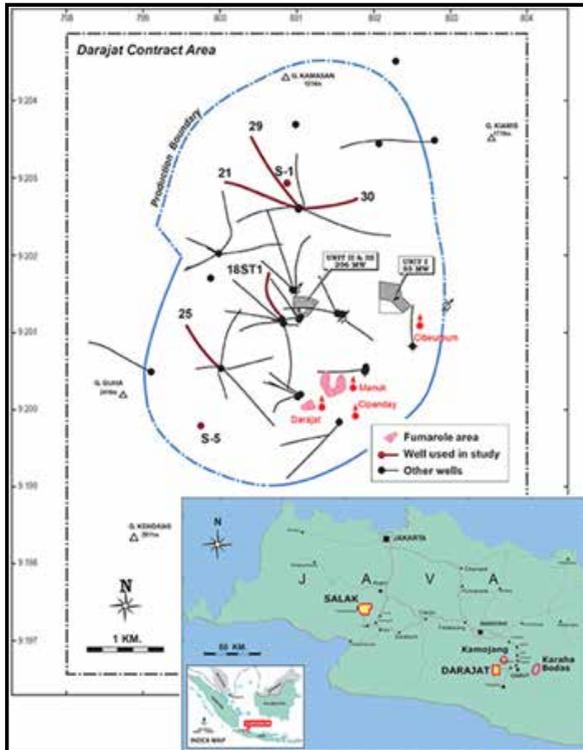


Gambar 5.12. Konseptual Model Sistem Panas Bumi Lapangan Darajat, (Sumber: CGI, 1998 dalam Kasbani, 2010).

yang terbatas.

Dari penjelasan di atas, manifestasi panas bumi di lapangan Darajat teridentifikasi dalam lima keragaman proses geologi yaitu:

- **Mata Air Panas (*Hot Spring*)**, merupakan aktivitas panas bumi yang paling umum dijumpai. Mata air panas muncul dari sistem panas bumi 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*, hanya saja perbedaannya mempunyai titik didih yang lebih tinggi, disertai dengan semburan dan letupan kecil yang disebabkan adanya *non condensible* gas seperti CO_2 .
- **Fumarol**, merupakan hembusan uap air (H_2O) melalui lubang atau celah, terkadang bisa *dry steam* maupun *wet steam*. Fumarol pada Lapangan Panas Bumi Darajat termasuk sistem dominasi uap, yang dapat memancarkan uap panas basah (*wet steam*) juga uap panas kering (*dry steam*), serta mampu memancarkan uap bertemperatur tinggi, yaitu sekitar $100^\circ\text{C} - 150^\circ\text{C}$.



Gambar 5.13. Dari semua keragaman proses geologi yang berkaitan dengan manifestasi panas bumi Kawasan Darajat Garut, sebagian besar berupa fumarol yang berasosiasi dengan sistem panas bumi yaitu Kawah Cibereum, Kawah Manuk dan Kawah Darajat. Temperatur dari sumber panas bumi pada kondisi sekarang, rata-rata mencapai 230° C dengan tekanan sekitar 28 bars (405 psi).

- **Solfatara**, hampir sama dengan fumarol, hanya saja 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.

Pemanfaatan Manifestasi Panas Bumi ***Pemanfaatan sebagai PLTP***

PLTP Darajat, merupakan Pembangkit Listrik Tenaga Panas bumi terbesar yang berada di Indonesia di bawah kepemilikan SEGDI II. Pemanfaatan Panas Bumi Darajat untuk PLTP menggunakan sistem dengan dominasi uap kering (*vapor dominated*). Batuan reservoir terutama batuan vulkanik dengan rekahanrekahan 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 dibor di Lapangan Panas Bumi Darajat. Sumur-sumur tersebut terdiri atas 28 sumur produksi, 2 sumur reinjeksi, 2 sumur sub-komersial, dan 1 sumur yang ditutup-matikan. Kedalaman terukur sumur-sumur tersebut bervariasi dari 760 meter hingga 2800 meter. Sumur-sumur di Darajat adalah sumur



Gambar 5.14. Keadaan Kompleks Panas Bumi Darajat, Kabupaten Garut setelah selesainya peningkatan Unit III pada tahun 2009, total kapasitas daya listrik PLTP Darajat naik dua kali lipat menjadi 271 MW, (sumber: <https://www.starenergygeothermal.co.id/>)

uap kering dengan tekanan reservoir 35 Bargauge dan temperatur dasar sumur 2400 Celcius.

Unit PLTP Darajat merupakan salah satu Unit Pembangkit Panas Bumi yang terletak di kaki Gunung Kendang, tepatnya berada di Kampung Cileuleuy, Desa Padawaas, Kecamatan Samarang Kabupaten Garut. Tempat ditemukannya sumber panas bumi yang saat ini dijadikan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP), masing-masing Darajat I, Darajat II, dan Darajat III merupakan sebuah kawah yang berdekatan dengan Kawah Kamojang yang terletak di perbatasan Garut dan kabupaten Bandung. Letak topografi kompleks panas bumi Darajat berada pada ketinggian ± 1750 meter di atas permukaan laut dengan konfigurasi umum lahan yang berbukit dan berlembah dengan tingkat kemiringan lahan yang agak curam dan stabilitas tanah yang cukup baik serta daya serap tanah yang cukup baik pula.

PLTP Darajat ini dikelola oleh *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, yang telah 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 daya listrik PLTP Darajat naik dua kali lipat menjadi 271 MW.

Sebagai perusahaan yang memanfaatkan energi baru terbarukan (EBT) berupa panas bumi, kegiatan operasional SEGD II tergolong kedalam proses produksi sangat rendah emisi. Namun upaya untuk menurunkan emisi yang dihasilkan dari kegiatan operasional, tetap dijalankan oleh perusahaan. Sebagai bentuk komitmen kami, SEGD II merupakan perusahaan panas bumi pertama di Indonesia yang mengembangkan *Clean Development Mechanism* (CDM) dan perusahaan pertama di Indonesia yang terdaftar melakukan

perbaruan program CDM di UNFCC pada tahun 2015 serta perolehan sertifikat penurunan emisi karbon atau *Certified Emission Reduction* (CER) terbesar di sektor panas bumi.

Efisien dalam penggunaan energi (house load) juga akan menurunkan emisi yang dihasilkan sekaligus meningkatkan kuantitas energi yang dapat dipasok ke pelanggan. Untuk itu kami menjalankan inisiatif efisiensi energi dengan pendekatan optimalisasi proses dan sepanjang tahun 2020 SEGDI telah berhasil menurunkan konsumsi energi sebesar 230.722,87 GJ yang setara dengan penghematan sebesar Rp51,485 miliar.

Peran PLTP Darajat, selain berkaitan dengan masalah lingkungan juga berkaitan dengan program pemberdayaan sosial. SEGDI sejak 2017 telah menginisiasi serangkaian program pemberdayaan sosial unggulan bagi masyarakat di sekitar area operasi. Kami berupaya menghadirkan inovasi program sosial yang mampu menjawab permasalahan warga di kawasan itu dan berkelanjutan.

Salah satu program pemberdayaan masyarakat unggulan yang di inisiasi SEGDI pada tahun 2019 lalu adalah Program Darajat Ekowisata di Desa Sukalaksana. Program ini berhasil meningkatkan jumlah kunjungan wisatawan ke kawasan itu hingga 400%. Pendapatan desa wisata pada tahun 2019 juga meningkat sebesar Rp1,119 miliar yang terdistribusi salah satunya pada pendapatan 75 pengelola homestay. Program-program unggulan yang dijalankan juga merupakan bagian dari upaya kami mendukung pencapaian target SDGs dan mampu meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan terbentuknya modal sosial baru. Kami bahkan melakukan inovasi adaptasi kebiasaan baru dalam program pemberdayaan masyarakat dalam merespon kondisi pandemi COVID-19.

Pemanfaatan Sebagai Obyek Wisata

Dalam memanfaatkan potensi panas bumi tidak selalu berkaitan dengan dengan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP), tetapi terdapat pola pemanfaatan lainnya, yaitu pemanfaatan mata air, baik mata air panas maupun mata air dingin umumnya telah

dikembangkan sebagai obyek wisata pemandian. Mata air dingin dimanfaatkan lebih luas dibandingkan mata air panas, karena selain untuk pariwisata juga dimanfaatkan sebagai sumber kehidupan manusia untuk keperluan sehari-hari, seperti mandi, minum, mencuci, berkebun, dan keperluan sehari-hari lainnya. Sedangkan, pemanfaatan mata air panas telah dimanfaatkan sebagai obyek wisata pemandian (*waterpark*) dan fenomena geyser dimanfaatkan sebagai obyek wisata edukasi. Selain itu, disekitar kawasan telah berkembang berbagai obyek wisata pendukung seperti homestay, outbond, taman bermain anak-anak, dan lain sebagainya.

Kawasan wisata ini sangat diminati wisatawan domestik terutama dari wilayah perkotaan. Hal ini disebabkan kawasan Darajat berada pada bentang alam dataran tinggi dengan kondisi hutan yang masih terjaga sehingga nuansa alamnya terlihat asri dan menghasilkan udara yang bersih dan sejuk. Juga wilayah ini memiliki tanah yang subur dan telah dimanfaatkan sejak zaman Kolonial Belanda sebagai lahan perkebunan. Untuk mencapai kawasan Darajat khususnya lokasi pemandian air panas, wisatawan dari 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 Kawasan 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. Kini, keadaan infrastruktur jalan yang tersedia cukup memadai, permukaan jalan dapat dilintasi aneka kendaraan roda empat dengan jalan aspalnya yang cukup mulus.

Ketika memasuki kawasan Darajat, pemandangan uap panas bumi berwarna putih dalam areal kaldera seluas sekitar 40 hektar sudah menanti wisatawan. Selain, menikmati uap dan mata air panas, juga dapat melakukan perjalanan menuju Puncak Darajat yang merupakan dinding kawah. Tidak terlalu sulit untuk mencapainya walau harus melewati jalan menanjak dan berkelok.



Gambar 5.15. Puncak Darajat Pass, salah satu objek wisata yang menghadirkan air panas dan keindahan alam (Foto:IG-@syahtirta). Namun, dalam kegiatan geowisata tidak sekedar menikmati rekreasi alam, tetapi memberi nilai pendidikan yang berkaitan dengan pemahaman proses alam yang sejak dulu bekerja hingga kini.

Umumnya wisatawan merasa takjub dengan fenomena geologi yang terbentuk, baik ketika berada di sekitar kawah maupun berada di puncak Darajat. Namun, dibalik itu kewaspadaan harus terus dijaga karena suhu kawah bisa mencapai 120 derajat celsius dan suhu air disekitarnya bisa mencapai 60 derajat celsius. Dalam hal ini peraturan zonasi kawasan menjadi penting diperhatikan dan disitulah peran pemandu geowisata sangat dibutuhkan untuk memberikan edukasi agar pengunjung merasa aman dan nyaman dalam berwisata

Pengembangan Geowisata

Pada umumnya, kegiatan pemanfaatan panas bumi telah berlangsung sejak lama bahkan sebelum PLTP dikembangkan. Kini mulai berkembang kegiatan geowisata yang banyak dilakukan oleh berbagai komunitas. Kegiatan ini dikembangkan dalam rangka memberi pemahaman berdasarkan tema-tema seperti sejarah

geologi, manifestasi panas bumi, sejarah PLTP, pemanfaatan mata air panas, dan kebermanfaatannya secara langsung maupun tidak langsung bagi masyarakat sekitarnya.

Tema-tema tersebut akan menjadi cerita menarik ketika dipaduserasikan dengan kegiatan wisata alam lainnya yaitu dengan tema ekowisata dan agrowisata, apalagi ketiganya saling berkaitan secara ekosistem. Transfer pemahaman multi dimensi ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan dan wawasan kepada masyarakat sekitar dan wisatawan sehingga dengan kesadaran tinggi mereka ikut berpartisipasi dalam mempromosikan secara langsung kegiatan berbagai program konservasi alam dalam rangka pembangunan berwawasan lingkungan dan berkelanjutan.

Agar keinginan di atas bisa terlaksana dengan baik, maka peran pemerintah daerah, pengelola perkebunan, pengelola PLTP Darajat, dan masyarakat sekitar menjadi penting untuk berkolaborasi dalam mengembangkan potensi yang dimilikinya, sehingga semua komponen masyarakat mendapatkan nilai tambah ekonomi, juga memahami arti penting hubungan timbal balik antara alam dan manusia. Tidak kalah pentingnya adalah kegiatan wisata alam Darajat ini menjadi bagian dari pola dan struktur ruang dalam rencana tata ruang, agar program konservasi alam di kawasan Darajat terintegrasi dalam pembangunan pariwisata berkelanjutan pemerintah daerah maupun pusat.

Informasi penting yang dapat menjadi bahan interpretasi pemandu geowisata di PLTP Darajat adalah deskripsi tentang keunggulan energi panas bumi atau geothermal sebagai salah satu sumber energi paling bersih dan ramah lingkungan. Energi ini tidak menyebabkan pencemaran, baik pencemaran udara, pencemaran suara, serta tidak menghasilkan emisi karbon dan tidak menghasilkan gas, cairan, maupun material beracun lainnya. Hal ini disebabkan limbah yang dihasilkan hanya berupa uap air. Selain itu, informasi tentang program konservasi, terutama yang berkaitan dengan konservasi air tanah dan konservasi hutan merupakan pengetahuan penting dalam memahami keberlanjutan pemanfaatan panas bumi.

Adapun program konservasi alam kaitannya dengan manifestasi panas bumi yang menarik sebagai pembelajaran dalam kegiatan geowisata di PLTP Darajat, sebagai berikut:

A. Sistem Injeksi Kondesat

Saat ini terdapat tiga macam teknologi pembangkit panas bumi (*geothermal power plants*) yang dapat mengkonversi panas bumi menjadi sumber daya listrik, yaitu *dry steam*, *flash steam*, dan *binary cycle*. Pada dasarnya, ketiga macam teknologi ini digunakan pada kondisi yang berbeda-beda dan 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.

Pembangkit tipe *dry steam Power Plants* adalah yang pertama kali ada. Pada tipe ini, uap panas (*dry steam*) langsung diarahkan ke turbin dan mengaktifkan generator untuk bekerja menghasilkan listrik. Sisa panas yang datang dari *production well* dialirkan kembali ke dalam reservoir melalui *injection well*. Pembangkit tipe tertua ini pertama kali digunakan di Lardarello, Italia, pada 1904 dimana saat ini masih berfungsi dengan baik. Di Amerika Serikat pun *dry steam power* masih digunakan seperti yang ada di *Geysers California Utara*. Sementara PLTP Darajat adalah yang pertama di Indonesia, sebagai pembangkit panas bumi (*geothermal power plants*) yang dapat mengkonversi panas bumi menjadi sumber daya listrik dengan menggunakan teknologi *Dry Steam Power Plants*.

Secara spesifik, steam PLTP Darajat dikategorikan sebagai sistem dominasi uap atau *vapour dominated system*, yaitu sistem sumur-sumur (*well*) panas bumi yang memproduksi uap kering karena rongga-rongga batuan sumber panas bumi sebagian besar berisi uap panas dan 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 *Pressure Control Valve (PCV)* dialirkan ke bejana tekan *scrubber* untuk menaikkan tingkat kekeringan, kemudian uap dialirkan ke turbin setelah melalui alat ukur venturi dan menuju turbin memutar generator menghasilkan listrik. Uap panas dari turbin mengalir ke kondensor sehingga mengalami kondensasi dengan bantuan air yang bersumber dari *cooling tower*. Kondensor bertugas menjaga tekanan di sisi buangan turbin tetap rendah agar daya keluaran turbin sesuai rancangan. Gas yang tidak terkondensasi 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 Panas Bumi Darajat, menyimpan kekayaan alam yang tak ternilai harganya. Keanekaragaman hayati yang tinggi, merupakan ciri khas hutan sekitar Kawah Darajat sebagaimana fenomena ekosistem hutan-hujan-tropis lainnya di muka bumi. Dalam hutan di sekitar kawasan PLTP 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 di antaranya dilindungi); 15 jenis hewan menyusui; 12 jenis ikan; 6 jenis reptil; 4 jenis amfibia; dll.

SEGD II yang berada di area kawasan hutan lindung dan taman wisata alam, tentunya di minta atau pun tidak berkewajiban ikut bertanggung jawab terhadap kelangsungan ekosistem hutan dengan memastikan habitat yang sesuai untuk flora dan fauna. Oleh karena itu SEGD II bekerjasama dengan berbagai mitra yang kompeten di bidangnya dalam kegiatan restorasi dan konservasi hutan.

Beberapa contoh dari hewan langka/dilindungi di kawasan PLTP Darajat adalah: macan tutul; elang; landak; dll. Keseluruhan flora-fauna dan faktor abiotik yang ada di Daerah Darajat, memiliki peran dalam kelestarian ekosistem hutan Darajat. Oleh sebab itu, kewajiban *Star Energy Geothermal Darajat II* (SEGD II) untuk menjalankan kegiatan operasinya secara efektif, efisien, aman dan akrab lingkungan dengan melibatkan komponen masyarakat yang ada di sekitarnya. Pemantauan secara konsisten dilakukan untuk memastikan kelestarian flora dan fauna endemik yang menjadi indikator kestabilan ekosistem.

Jalur Pendakian Gunung Kendang

Seperti sudah dijelaskan di halaman-halaman sebelumnya, bahwa Gunung Kendang (2.617 mdpl) merupakan bagian utama sebagai sumber magma dan imbuhan air tanah Lapangan Panas Bumi Darajat. Gunung ini merupakan rangkaian pegunungan kuartar sepanjang 25 kilometer, mulai dari Gunung Papandayan disebelah barat daya hingga Gunung Guntur di sebelah timur laut, tepatnya berada pada ketinggian 1750–2000 mdpl dengan konfigurasi bentang alam berbukit dan berlembah dengan tingkat kemiringan lahan agak curam sampai curam.

Gunung Kendang memiliki nama lain, yaitu Gunung Kembang, sebuah nama yang sudah di kenal dan tertulis dalam naskah Bujangga Manik dan pada Peta Belanda 1850. Konon, sebutan Gunung Kendang adalah penamaan dari masyarakat kaki gunung bagian Timur. Hal tersebut merujuk dari Sasakala atau mitos Gunung Kendang yang menceritakan tentang rombongan wayang golek yang hilang di sekitar kawasan Gunung Kendang bagian timur dan hanya menyisakan suara kendang bertalu-talu di hari-hari tertentu. Sasakala tersebut oleh masyarakat secara turun temurun dituturkan sebagai berikut:

“Pada zaman dahulu kala, ada seseorang bernama Ki Sutaarga. Ia ingin menyelenggarakan sebuah hajjat dengan menampilkan kesenian wayang. Ia ingin menayangkan sebuah cerita, namun cerita tersebut

sebenarnya pantang dimainkan oleh sang dalang, hanya boleh dimainkan, tetapi tidak boleh sampai tamat. Hal ini dikarenakan jika cerita dimainkan sampai selesai, seringkali diikuti dengan kejadian yang tidak diinginkan. Meskipun seperti itu, Ki Sutaarga bersikukuh agar cerita tersebut ditampilkan sampai tamat, berapapun harganya.

Tak banyak cerita, Ki Sutarga langsung membayar sesuai dengan permintaan Dalang. Lalu digelarlah pagelaran tersebut dengan sangat meriah. Pagelaran berjalan dengan lancar, hingga pada saat hampir shubuh dan cerita hampir tamat, datanglah dua orang dengan seragam upas kabupaten. Upas tersebut menyampaikan perintah Bupati agar Dalang, Sinden, Nayaga, dan Pemain Gamelan segera menghadap Bupati. Rombongan wayang golek itu pun langsung bergegas. Ia pamit pada Ki Sutaarga dan memberitahukan bahwa mereka dipanggil Bupati. Setelah itu mereka pun berbondong-bondong berjalan menuju Rumah Bupati

Pada awalnya perjalanan menuju Rumah Bupati berjalan dengan lancar. Jalannya lurus dan kosong, perjalanan pun tak menghadapi hambatan. Tetapi apa yang terjadi, sebelum mereka tiba di tempat yang di tuju, .Upas berikut semua rombongan wayang golek hilang entah kemana. Yang tersisa hanyalah gamelan dan kasur bekas tempat duduk sinden mereka yang berubah menjadi Batu.

Hingga saat ini, Gunung tempat rombongan wayang golek itu hilang dinamakan Gunung Kendang. Setiap malam Selasa dan Jumat Kliwon kerap terdengar hingar bingar seperti ada yang menggelar hajatan. Orang dari desa sebelah utara Gunung Kendang menyangka ada yang menggelar wayang di daerah Cikarosea atau Bantar Peundeuy di sebelah selatan. Sedangkan orang dari sebelah selatan mengira ada hajatan di kampong Cibitung di Utara. Mereka pun berbondong-bondong mengikuti sumber suara keramaian itu berasal. Tapi apa yang terjadi? Warga desa sebelah utara dan selatan berpapasan di tengah jalan. Mereka hanya bisa bertanya-tanya darimana sumber suara itu berasal.”

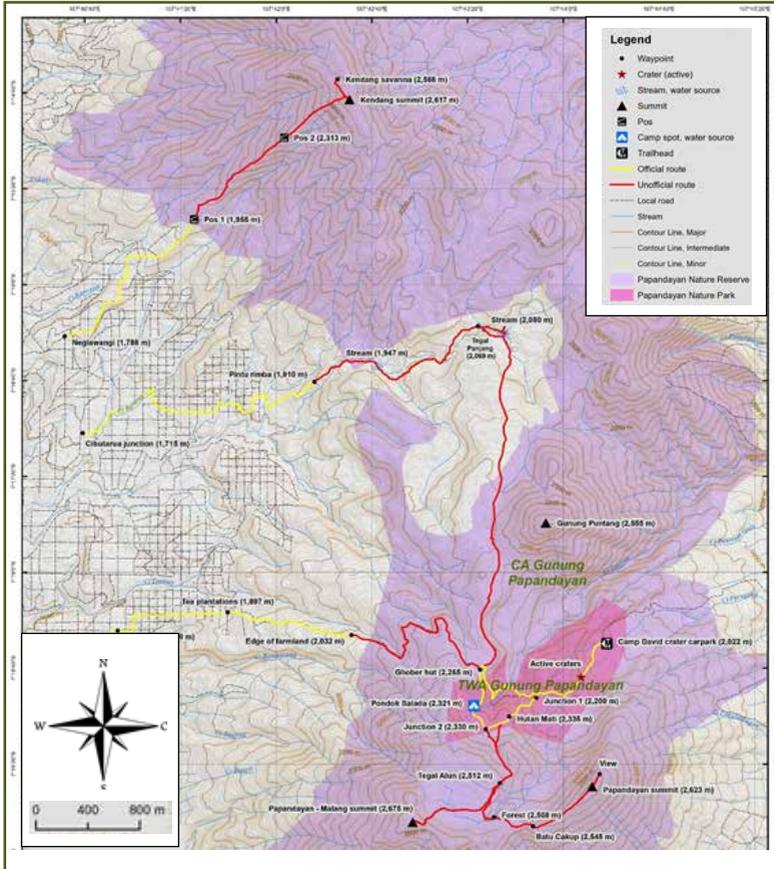
Pendapat lain mengatakan bahwa ada kemungkinan suara tersebut berasal dari kawah yang tidak dapat diakses dari sisi

timur gunung atau lebih mungkin berasal dari lokasi pembangkit panas bumi di Lembah Darajat dan kebetulan posisinya berada di sisi timur Gunung Kendang (wilayah Garut). Tampaknya dari sisi timur ini pun tidak ada jalur pendakian ke puncak, sehingga untuk menelusuri jejak suara tersebut sulit dilakukan. Oleh karena suara bertalu-talu itu mirip suara kendang yang sering diperdengarkan dalam mengiringi pegelaran wayang golek, maka sangat mungkin menjadi inspirasi masyarakat lokal memberi nama Gunung Kendang yang dikaitkan dengan sasakala atau mitos hilangnya rombongan wayang golek di sekitar kawasan Gunung Kendang.

Untuk membuktikan suara kendang itu ada atau tidak ada, sebaiknya berkunjung ke Gunung Kendang, sekaligus belajar tentang panas bumi di kompleks Darajat. Siapa tahu suara kendang itu ada hubungannya dengan manifestasi panas bumi disekitarnya. Apalagi Gunung Kendang ini merupakan bagian inti dari Pembangkit Listrik Tenaga Panasbumi (PLTP) Darajat sebagai sumber magma dan imbuhan air tanahnya.

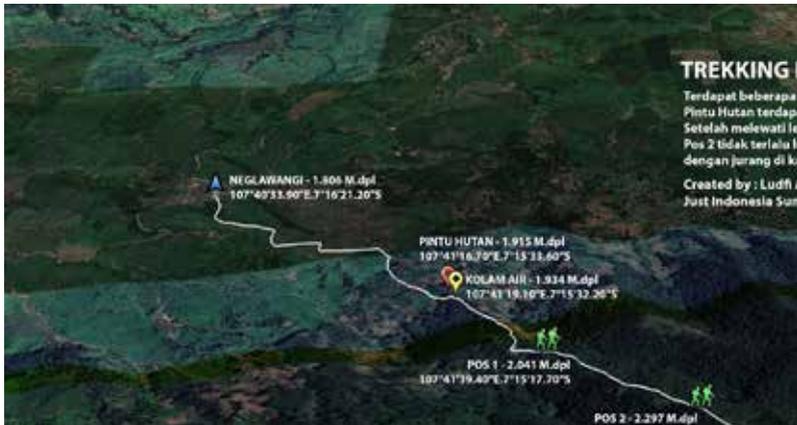
Gunung Kendang (2.617 mdpl) berada sekitar 8 kilometer ke utara kawasan Gunung Papandayan atau di sebelah timur perkebunan teh yang luas di dekat Pangalengan. Pada dasarnya Gunung Kendang ini perpanjangan rute penjelajahan pada kompleks Gunung Papandayan. Hanya saja jarang yang melakukannya karena terasa cukup jauh dan seolah terpisah (lihat Gambar 5.16) dan dalam beberapa tahun terakhir akses telah dibatasi karena kawasan hutan yang luas telah diberi status cagar alam ('cagar alam') dan oleh karena itu hanya dapat diakses oleh ilmuwan atau melakukan penelitian sejenis. Walaupun demikian, bagi para penjelajah atau pendaki gunung militan menjadi target utama selama bertahun-tahun.

Dari arah Gunung Papandayan dapat di mulai dari Pondok Saladah dengan melakukan trekking ke arah utara menuju Tegal Panjang (2089 mdpl) sejauh \pm 3km, kemudian berbelok ke arah timur melintasi Pintu Rimba (1.910 mdpl), Cibutarua (1.715 mdpl) sejauh \pm 4 km. Dari Cibutarua ini berbelok ke arah utara sejauh \pm 1km menuju titik awal pendakian Gunung Kendang di Desa Neglasari (1.788 mdpl), Pangalengan Kabupaten Bandung.



Gambar 5.16. Peta jalur pendakian ke Gunung Kendang dari arah Kawah Gunung Papandayan (Pondok Saladah) Garut,, (Modifikasi dari Daniel Quinn, 2020).

Pendakian berawal dari tuju Desa Neglawangi. Tugu ini merupakan persimpangan yang membatasi perkebunan teh dengan area permukiman. Pendaki bisa bersiap-siap di kantor desa yang menjadi *base-camp* tidak resmi. Termasuk menitipkan kendaraan dan melakukan pencatatan perizinan. Di lokasi ini terdapat toilet, kamar mandi, dan warung untuk membeli perbekalan dan ada pula villa yang bisa disewa bagi yang ingin bermalam.



Gambar 5.17. Jalur Pendakian ke Gunung Kendang (2.617 mdpl) dari Titik awal pendakian Neglawangi (1.788 mdpl), (Sumber: Ludfi Arief Budiman)

Sebenarnya menuju menuju Desa Neglawangi (1.788 mdpl) sebagai titik awal pendakian ke Gunung Kendang dapat ditempuh dari wilayah Pangalengan Kabupaten Bandung (Gambar 5.17), yang berjarak sekitar satu jam dengan mobil atau sepeda motor dari Pangalengan melalui desa Santosa, Talum dan Sedep yang memiliki pemandangan sangat indah, dan dari jalur itu pun pemandangan Wayang-Windu terlihat menawan dengan semburan uap panas buminya.

Pendakian ke Gunung Kendang dari titik pendakian Neglawangi ini akan melintasi jalan setapak yang mengarah ke perkebunan teh sebelum memasuki hutan (Pos 1, 1,955 mdpl). Jalur ini merupakan punggung bukit yang mengarah ke puncak dan di punggung tersebut terdapat edelwies Jawa, cantigi, dan sejumlah besar tanaman kantong semar yang keberadaannya langka di Pulau Jawa.

Ketika berada di Pos 2 (2.313 mdpl), pemandangan ke arah Papandayan dan ke perkebunan teh sangat indah dan eksotik terutama ketika embun pagi masih berada di pucuk-pucuk pohon, ketika langit biru berarak awan di siang hari, dan ketika langit menguning di senja hari. Setelah menempuh perjalanan selama 3 jam



Gambar 5.18. Pemandangan Gunung Kendang dari arah Tegal Panjang, Kompleks Gunung Papandayaan (Foto: Deny Anugrah Hermawan).

pada ketinggian 2.600 mdpl terdapat pertigaan dan hanya dua menit ke kanan adalah puncak Kendang. Di sini tidak ada pemandangan dan tidak ada sumber air yang dapat diandalkan, namun bila turun ke arah kanan dan sekitar 15 menit perjalanan akan ditemukan tempat terbuka yang luas. Diduga tempat ini dulunya sebuah danau yang dasarnya kemungkinan besar adalah sebuah kawah tua (purba). Posisi ini dikenal sebagai 'sabana' pada ketinggian 2.566 mdpl yang sering menjadi tempat berkemah para pendaki, meskipun pendakian dan turun gunung dapat dilakukan dalam sehari. Hanya membutuhkan dua jam perjalanan turun gunung untuk sampai di Desa Neglawangi. Menyempatkan diri untuk kemping di Gunung Kendang merupakan kesempatan langka menikmati sunset maupun sunrise, dan sebuah keberuntungan bila mendengar suara kendang bertalu-talu yang misterius itu.



Gambar 5.19. Pemandangan Kompleks Kawah Gunung Papandayaan dari Puncak Gunung Kendang (2.617 mdpl), (Foto: Andi Susandi Hendraprawira).

GUNUNG PAPANDAYAN

“Tempat
Panenjoan Dunia”
Bujangga Manik

// Pada bulan Januari 1706, dua orang serdadu Belanda bernama Creatiaun dan Van Houten mendapat tugas dari keresidenan setempat untuk mengunjungi, menyelidiki dan mencari belerang murni di Gunung Papandayan dan Gunung Patuha. Pada waktu itu Gunung Papandayan masih ada dalam ketinggian penuh” (Kusumadinata, 1970). Namun, jauh sebelum orang-orang Belanda menemukan gunung ini, “Bujangga Manik seorang pangeran dari Kerajaan Pakuan pernah singgah dan mendaki ke puncak Gunung Papandayaan untuk memandang dunia yang indah dan memesona”. Masyarakat setempat pun sudah sejak lama menjadikan Gunung Papandayan sebagai jalur pelintasan untuk membawa hasil-hasil bumi, karena jalur ini merupakan jalan terdekat yang menghubungkan dataran tinggi Pengalengan Bandung dengan dataran tinggi Garut. Dapat diduga, penyebutan Papandayan berasal dari masyarakat setempat yang sering melintasinya. Papandayan berasal dari bahasa sunda “Panday” yang diartikan pandai besi. Singkat cerita, dahulu ketika masyarakat melintasi gunung ini, sering terdengar suara-suara yang mirip suasana tempat kerja pandai besi, besi. Setelah diusut, ternyata suara itu berasal dari kawah Gunung Papandayaan yang sangat aktif dan sering meletup-letup.

Gunung Papandayan merupakan kerucut paling selatan dari deretan gunung api aktif di Jawa Barat yang terletak di Kecamatan Cisurupan Kabupaten Garut. Secara geografis gunung ini terletak pada $7^{\circ} 19'$ Lintang Selatan dan $102^{\circ} 44'$ Bujur Timur dengan ketinggian 2.665 mdpl atau sekitar 1.950 meter di atas Dataran Tinggi Garut (Gambar 6.1). Sejak zaman Belanda, Gunung Papandayan telah diklasifikasikan sebagai gunung api aktif yang cukup berbahaya di Jawa Barat dan kini oleh PVMBG, Badan Geologi dimasukkan sebagai gunung api tipe A, yaitu gunung api yang pernah meletus setelah tahun 1600.



Gambar 6.1. Gunung Papandayaan (dalam lingkaran merah) berada di barat daya wilayah Dataran Tinggi Garut Bagian Utara, Jawa Barat.

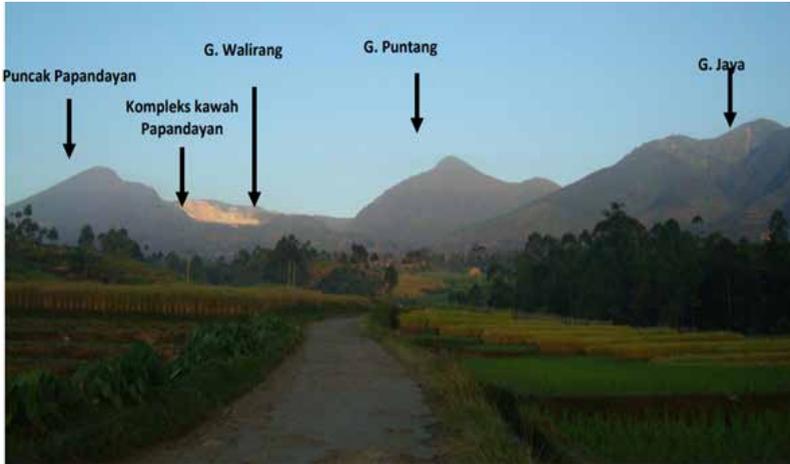
Sejak tahun 1772, bentuk Gunung Papandayan menjadi sumbing, dinding bagian timur lautnya terbuka, melengkung seperti tapal kuda, tebing tegak itu tingginya antara 50-100 meter, menghadap ke timur laut mulai dari Kawah Mas hingga Kampung Cibalong dan Cibodas, sehingga aliran lava mengarah ke Cibeureumgede dan Ciparungpug yang menjadi aliran menuju Sungai Cimanuk. Sedangkan kawah tertuanya terletak di Tegal Alun-alun yang telah

lama mati dan berubah menjadi padang terbuka. Dinding kawah tua ini membentuk kompleks pegunungan dengan puncak-puncaknya yaitu Gunung Malang (2.675 Mdpl), Gunung Masigit (2.619 Mdpl), Gunung Saroni (2.611 Mdpl) dan Gunung Papandayan (2.665 Mdpl) yang mengelilingi Tegal Alun-alun. Di padang inilah muncul mata air yang menjelma menjadi Sungai Ciparugpug. Disekitar areal tapal kuda ini pun dapat melihat gunung-gunung kecil yang mengelilingi Gunung Papandayan, antara lain Gunung Puntang (2.555 Mdpl), Gunung Walirang (2.238 Mdpl), Gunung Tegal Paku (2.225 Mdpl) dan Gunung Jaya (2.422 Mdpl). Sementara dilembah diantara Gunung Puntang dan Gunung Walirang terdapat sungai Cibeureum Gede yang mengalir ke Sungai Cimanuk.

Setelah erupsi tahun 2002, Gunung Papandayan menjadi destinasi favorit bagi wisatawan nasional dan mancanegara yang berkunjung ke wilayah tinggian Garut. Sebenarnya aktivitas wisata sudah terjadi sejak masa Karesidenan Priangan, ketika itu Kawah Gunung Papandayan merupakan salah satu destinasi utama di Jawa Barat selain Gunung Tangkubanparahu. Selain pesona keunikan bentang alam gunung api, Papandayan memiliki keanekaragaman hayati dan budaya. Salah satu hal menarik dari sisi budaya, Gunung Papandayan menjadi tempat berakhirnya perjalanan Bujanggamanik ketika kembali dari Pulau Bali. Beliau adalah seorang putra mahkota dari Kerajaan Sunda yang berdomisili di wilayah Bogor. Kisah perjalanannya di tulis dan digambarkan dalam daun lontar. Catatan geografisnya itu tersimpan di Perpustakaan Bodleian, Oxford sejak (Hawe Setiawan, 2019).

Perjalanan geowisata ke Gunung Papandayan dapat ditempuh dari Kota Garut menuju arah barat dengan jarak sekitar 40 km, sedangkan dari Kota Bandung mengarah ke arah tenggara dengan jarak sekitar 70 km. Gunung ini memiliki panorama alam yang indah dengan lingkungan yang relatif masih utuh dan alami serta udaranya yang sejuk.

Setelah memasuki Kota Garut, rasa takjub menyentuh sanubari ketika gunung-gunung menjulang tinggi melingkari Dataran Tinggi Garut yang beragam dan memesona, di antaranya terbentang



Gambar 6.2. Bentang alam Komplek Gunung Papandayan dilihat dari Cisurupan (Sumber: dok. PVMBG)

Gunung Papandayan yang memanjang relatif utara-selatan dengan rangkaian puncak-puncak gunung yang dicirikan dinding tajam dan lembah sempit, erosi kuat, dan vegetasi lebat. Semakin mendekat ke lokasi terlihat bentang alam kaki gunung berelief halus di bagian timurlaut dan berelief sedang di bagian selatan.

Semakin mendekat Gunung Papandayan, semakin jelas bentang alam kawah yang berbentuk tapal kuda berarah timurlaut. Kawah tersebut hasil peristiwa erupsi dan *debris avalanches* pada 1772 yang menghasilkan endapan di kaki gunung dan kini menjadi pemukiman bernama Kampung Cibalong dan Cibodas. Sedangkan Kawah yang berbetuk tapal kuda dikenali sebagai Kawah Mas.

Ketika berada di kawasan kawah yang memiliki luas sekitar 10 Ha, kegiatan geowisata yang dapat dilakukan, di antaranya geotrek (lintas alam) untuk menikmati keindahan dan keunikan keragaman bentuk tubuh kawah seperti kawah Brungbrung, Kawah Manuk, Kawah Nangklak, Kawah Baru, dan Lembah Ruslan yang dibentuk oleh aliran lava dan endapan aliran piroklastik. Sedangkan kegiatan rekreasi yang dapat dilakukan diantaranya berkemah, fotografi,

dan mandi air panas. Kawah-kawah yang memesona itu umumnya memiliki lubang-lubang magma yang besar hingga kecil dan dari lubang-lubang tersebut keluar uap air yang menimbulkan berbagai macam suara atau gemuruh yang unik. Sumber air panas yang dihasilkan mengandung belerang dan dipercaya banyak masyarakat berhasiat dalam penyembuhan penyakit kulit terutama gatal-gatal.



Gambar 6.3. Gunung Papandayan dan kawahnya dilihat dari Cipanas Garut.

Geowisata ke Gunung Papandayan selain untuk mengenal fenomena geologi sebagai sumber ilmu pengetahuan bagi pelajar, mahasiswa, peneliti, dan pemerhati ilmu kebumihan khususnya kegunungapian. Selain itu, dapat juga menikmati panorama alam yang asri, keindahan kawah, *sunset-sunrise*, dan keindahan alam lainnya. Menurut pengelola, hampir setiap bulannya, terutama pada bulan April hingga November, wisatawan lokal maupun mancanegara banyak yang berkunjung dengan keperluan yang berbeda-beda sesuai kepentingannya.

Pada zona yang dapat dikunjungi telah dilengkapi berbagai fasilitas seperti Lapangan parkir yang cukup luas. MCK, Mushola, warung-warung makanan dan pemandu wisata yang cukup terlatih baik pengetahuan maupun kemampuan bahasa inggrisnya.

Setidaknya mereka dapat membantu wisatawan untuk memahami fenomena gunung api dan kekayaan hutan yang ada di sekitar Gunung Papandayan. Bahkan banyak komunitas geotrek dan pencinta alam lainnya yang sudah menyiapkan beberapa paket wisata alam untuk menelusuri situs-situs geologi penting yang menjadi saksi bisu pembentukan Gunung Papandayan dan lokasi-lokasi terindah nan eksotik yang memanjakan jiwa dan raga.

Kini kunjungan wisatawan ke Gunung Papandayan meningkat terus secara signifikan. Tentunya keadaan ini menggembirakan berbagai pemangku kepentingan karena perjuangan mengembangkan kawasan wisata alam secara bersama-sama terwujud terutama dalam meningkatkan perekonomian masyarakat setempat. Namun, di balik itu bahaya geologi seperti erupsi perlu terus diwaspadai karena gunung ini tergolong sebagai gunung api yang cukup aktif. Oleh karena itu, manajemen bencana mulai dari langkah preventif, saat tanggap bencana, dan pascabencana perlu dipersiapkan dan diaplikasikan, karena bencana alam seperti gunung meletus tidak ada yang dapat mencegah bahkan menghentikannya, tetapi dengan adanya manajemen bencana setidaknya dapat meminimalisir dampak yang ditimbulkan. Sebagai contoh, sebelum bencana terjadi, pihak berwenang perlu melakukan sosialisasi dan penyuluhan kepada masyarakat sekitar daerah rawan bencana. Penyuluhan yang dimaksudkan adalah mengedukasi mengenai apa yang harus dilakukan penduduk sekitar ketika bahaya geologi datang, salah satunya meningkatkan kesiapsiagaan ketika potensi terjadi bencana setelah peringatan dini dikeluarkan oleh pihak berwenang.

Di lain pihak, dalam melakukan mitigasi bencana pemerintah perlu meningkatkan teknologi yang mumpuni agar peringatan dapat diinformasikan sesegera mungkin. Sementara, saat tanggap darurat perlu menyiapkan perangkat analisis agar tanggap terhadap lokasi bencana dapat dilakukan secara cepat dan tepat, baik penyelamatan, evakuasi masyarakat terimbas, pemenuhan kebutuhan dasar, perlindungan terhadap kelompok rentan, dan sebagainya. Sedangkan kegiatan pada pasca bencana yang perlu dilakukan segera adalah menyiapkan perangkat keras maupun lunak untuk

kebutuhan rehabilitasi dan rekonstruksi. Kegiatan rehabilitasi itu berupa perbaikan lingkungan daerah bencana, pelayanan kesehatan dan psikologis serta pemulihan dalam sektor ekonomi, dan sosial. Sedangkan kegiatan rekonstruksi berupa pembangunan kembali sarana dan prasarana dan peningkatan kondisi ekonomi, sosial, serta budaya.

Persiapan itu semua dilakukan agar korban jiwa maupun kerusakan infrastruktur dapat berkurang dan segera diperbaiki. Persiapan-persiapan menghadapi bencana tidak bisa dilakukan oleh satu pihak, tetapi perlu usaha bersama dari pemerintah, masyarakat, dan dunia usaha. Manajemen bencana gunung api yang baik, tidak hanya menguntungkan bagi warga sekitar dan wisatawan yang berkunjung ke Gunung Papandayan, juga berlaku umum bagi gunung api aktif di Indonesia, terutama pada wilayah gunung api yang mengalami perkembangan penduduk bahkan yang membentuk wilayah perkotaan atau perkembangan pariwisata yang pesat.



Gambar 6.4. Di balik pesona Kawah Gunung Papandayan mengintai bahaya erupsi yang perlu terus diwaspadai.

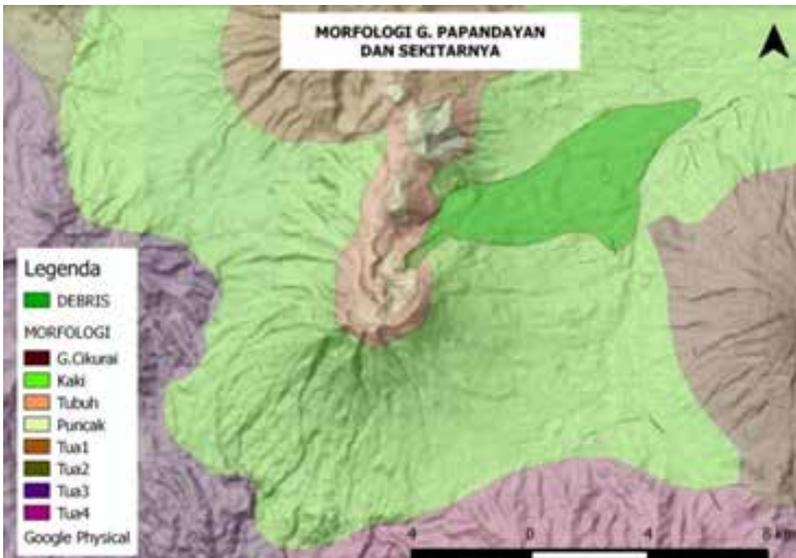
Keragaman Geologi

Secara umum, keragaman geologi Gunung Papandayan dapat dikelompokkan menjadi empat, yaitu: keragaman bentang alam, keragaman batuan, keragaman proses geologi, dan keragaman struktur geologi.

Keragaman Bentang Alam

Papandayan adalah gunung api aktif tipe A yang memiliki bentangan alam yang luas dengan puncak-puncak gunung yang beragam. Keragaman bentang alam ini dapat dikenali berdasarkan perbedaan bentuk, kemiringan lereng, bentuk dan struktur lembah, yang dapat dikelompokkan, sebagai berikut:

Morfologi Puncak, meliputi Gunung Papandayan (2.640 mdpl), Gunung Masigit (2.671 mdpl), Pasir Malang (2.679 mdpl), dan Gunung Nangklak (2474 mdpl). Bentuk bentang alam tersebut dicirikan oleh dinding tajam dan lembah sempit, erosi kuat, vegetasi



Gambar 6.5. Bentang alam Gunung Papandayan (modifikasi Asmoro drr, 1989)

lebat. Untuk Puncak Gunung Papandayaan sendiri terlihat tidak menunjukkan kerucut yang tajam. Hal ini menurut Koesoemadinata (1979) dan Wahyudin (2004) menyiratkan terjadinya periode aktivitas yang panjang dan perpindahan pusat erupsi dari satu tempat ke tempat lain.

Morfologi Tapalkuda, merupakan depresi berarah timurlaut mulai dari Kawah Mas hingga Kampung Cibalong dan Cibodas sebagai hasil dari peristiwa pembentukan endapan guguran puing (*debris avalanche deposit*) hasil runtuhnya sebagian bangunan vulkaniknya selama letusan dahsyat pada tahun 1772. Akibat keruntuhan sektor dan pergeseran pusat erupsi, bentang alam daerah puncak Papandayan memiliki permukaan yang cekung dan relatif datar sehingga dapat menampung lebih banyak air hujan.

Morfologi Tubuh, meliputi kawah Brungbrung, Kawah Manuk, Kawah Nangklah, Kawah Baru dan Lembah Ruslan, dibentuk oleh aliran lava dan endapan aliran piroklastik, berpola aliran radier. Bentang alam tubuh Gunung Papandayan saat ini dibentuk dari hasil runtuh letusan dahsyat 1772 akibat setengah dari bagian puncaknya terlempar dan menembus ke arah timurlaut, dan menutupi area sekitar 250 km persegi.

Morfologi Kaki, dicirikan oleh bentuk lahan berelief halus di sektor timurlaut dan selatan dan berelief sedang di sektor selatan yang dibentuk oleh aliran lava dan endapan aliran piroklastik, berpola aliran dendritik.

Keragaman Batuan

Untuk mengetahui gambaran umum keragaman batuan Gunung Papandayan dapat mengacu pada Peta Geologi Gunung Papandayaan yang telah dipublikasikan oleh PVMBG, Badan Geologi (1989), meliputi kompleks vulkanik Kuarter, vulkanik Gunung Puntang, dan Tegal Alun-alun yang dekat dengan kerucut utama. Keragaman batuan yang dipetakan berdasarkan pada material gunung api yang dimuntahkan ketika erupsi mulai terjadi pada Gunung Puntang, kemudian pada Gunung Tegal Alun-Alun, dan berakhir pada

Gunung Papandayan muda, (Gambar 6.6):

1. **Produk Primer**, terdiri atas batuan Tersier berupa andesit yang ditemukan di sebelah selatan Gunung Papandayan; a) Produk Gunungapi di sekitar Gunung Papandayan berupa endapan jatuhnya piroklastik Gunung Geulis, intrusi Gunung Kembar, endapan jatuhnya piroklastik dan aliran lava Gunung Cikuray, endapan jatuhnya piroklastik Gunung Jaya, dan aliran piroklastik Gunung Puntang; b) Produk Gunung Papandayan berupa aliran lava, endapan jatuhnya dan aliran piroklastik; c) Produk Kawah Tegal Alun-alun berupa aliran lava dan endapan aliran piroklastik; d) Produk Gunung Nangklak berupa endapan jatuhnya piroklastik; e) Produk Kawah Manuk berupa endapan jatuhnya piroklastik; dan f) Produk Kawah Mas berupa endapan jatuhnya piroklastik.
2. **Produk Sekunder**, berupa endapan guguran puing Kawah Manuk, endapan guguran puing Kawah Mas, dan lahar.

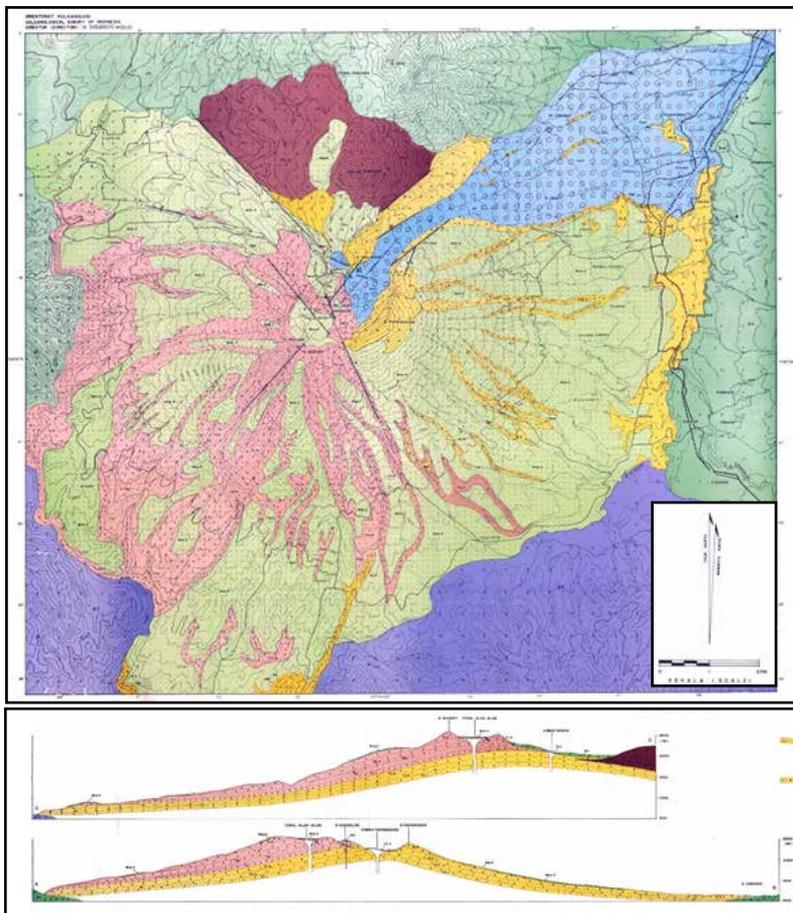
Aliran lava produk Gunung Papandayan, yang dapat dibagi menjadi dua kelompok utama, yakni: aliran lava berkomposisi basalt augit hipersten bertekstur aliran pilotaksit, terdiri dari andesin Andesit hingga labradorit, augit, hipersten, olivin, magnetit dalam masadasar gelas gunungapi dan aliran lava andesit hipersten augit.

Lava andesit hipersten augit vitrofirik, terdiri atas lava bertekstur vitrofirik, terdiri dari hipersten, augit, andesit, dan magnetit dalam masadasar gelas gunungapi; sebagian terubah (kloritisasi, limonitasasi dan serisitisasi). Di beberapa tempat terdapat batuan asing (kuarsit dan batulempung mengandung bijih) yang terkungkung dalam lava andesit hipersten augit.

Lava andesit hipersten augit kriptokristalin, tersusun oleh hipersten, augit, andesit, magnetit, dan pigeonit dalam masa dasar gelas gunung api Sebagian lava yang terdapat di sekitar Kawah Walirang sudah tidak bisa dikenali lagi, berwarna merah bata, abu-abu keputihan - cenderung berubah menjadi lempung dan kaolin. Di daerah kawah, pengaruh hembusan solfatar

terhadap aliran lava menghasilkan endapan lempung dan kaolin bercampur lumpur belerang, sering disertai dengan firit, lembar-lembar gipsum, limonit dan jarosit.

Berdasarkan tahapan erupsi yang pernah terjadi, batuan yang dihasilkan Gunung Papandayan diklasifikasikan ke dalam tiga tahapan yaitu tahap awal, menengah dan akhir yang dibagi lagi



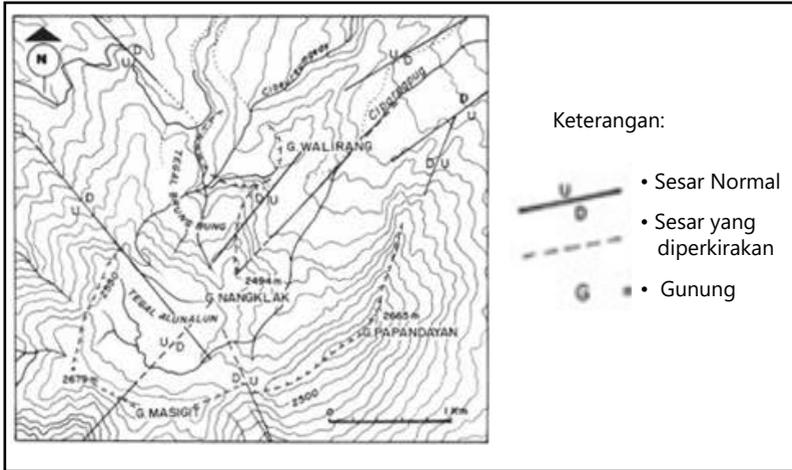
Gambar 6.6a. Peta Geologi Gunung Papandayan.
(Sumber: PVMBG, Badan Geologi, 2017)

untuk penanggalan K-Ar. Hasilnya diperoleh data 3,3 +0,7 Ma (MA-3B) dan 1,0 + 0,4 Ma (AK-11) merupakan umur pertama gunung Papandayan dan memberikan kisaran aktivitas kasar. Kesalahan yang relatif tinggi dalam penanggalan umur batuan vulkanik ini berasal dari kontaminasi Ar udara yang tinggi. Namun hasilnya sudah menunjukkan kemajuan dalam pemetaan Gunung api Kuarter di Indonesia.

- **Papandayan tahap awal (*Papandayan early stage*)**, menghasilkan produk yang dibagi menjadi sembilan unit. Semua produk vulkanik tahap awal meletus dan menyebar ke selatan. Aliran lava tersusun atas *andesit basaltic olivin ortopiroksen klinopiroksen* dan lainnya berupa andesit basaltik *ortopiroksin klinopiroksen*. Tahap awal telah dimulai setidaknya pada Pliosen Akhir berdasarkan data zaman baru.
- **Papandayan Tahap Tengah (*Papandayan middle stage*)**, didahului oleh pembentukan dua longsoran puing. Produk-produk itu sebagian besar meletus ke selatan tetapi beberapa ke utara. Aliran lava terdiri atas *andesit orthopyroxene clinopyroxene*. Aktivitas vulkanik tahap tengah dimulai setelah Pliosen Akhir hingga Pleistosen berdasarkan data umur yang diperbaharui.
- **Tahap akhir Papandayan (*Papandayan late stage*)**, dibagi menjadi tujuh unit. Tahap ini ditandai dengan aliran piroklastik dan pembentukan kaldera. Kaldera di Papandayan yang berdiameter 3 x 5 km terbentuk selama atau setelah letusan 7 endapan aliran piroklastik yang tersebar di sekitar tepi kaldera. Setelah pembentukan kaldera, terjadi 5 kali erupsi lava dasit yang diikuti longsoran puing. Semua produk *pyroxene dacite* didistribusikan di wilayah utara.

Keragaman Struktur Geologi

Keragaman struktur geologi dipisahkan menjadi struktur sesar dan struktur kawah. Struktur sesar umumnya berjenis sesar normal, ditemukan di sekitar Gunung Nangklak, Kawah Tegal Alun-alun, Kawah Mas dan Gunung Walirang, serta di lereng baratlaut



Gambar 6.7. Peta puncak Gunung Papandayan yang menunjukkan struktur geologi (sesar normal berarah NE-SW dan NW-SE) dan struktur kawah Papandayan. Kedua arah umum sesar tersebut melewati daerah puncak dan saling berpotongan di sekitar Tegal Alun-Alun sebagai kawah tua Papandayan yang sudah mati.

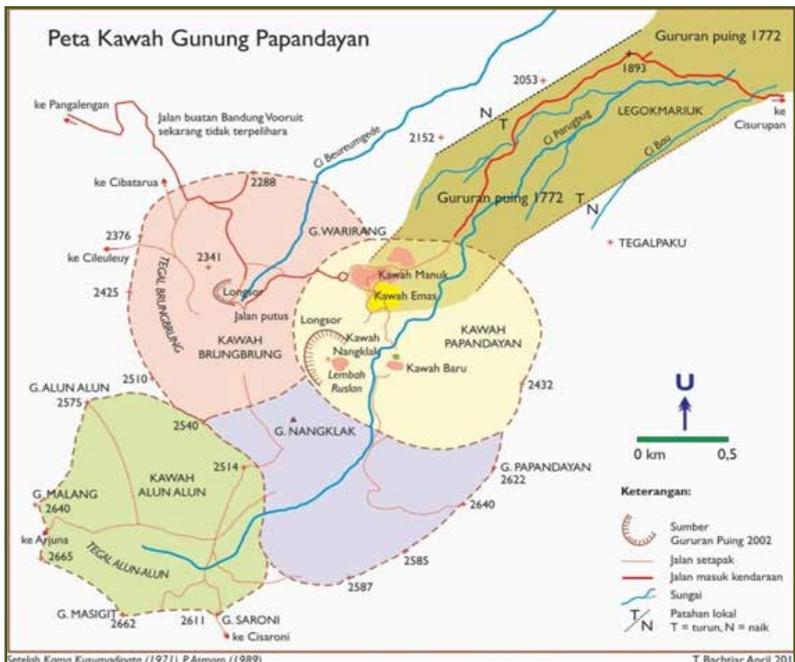
dan tenggara Gunung Papandayan, berarah umum NE-SW, NW-SE. dan NNW-SSE dengan indikasi berupa breksiasi, kelurusan topografi, zona hancuran Struktur kawah, terdapat di Kawah Mas, Kawah Manuk, Kawah Brungbrung, Kawah Tegal Alun-alun, Kawah Nangklak, dan Kawah Baru, (lihat Gambar 6.7).

Adanya struktur geologi seperti sesar normal yang menyebabkan rekahan pada batuan memungkinkan air tanah memberikan tekanan pada partikel tanah dan mengganggu stabilitas lereng. Akibatnya pasir vulkanik berbutir halus yang sangat berubah menjadi jenuh. Pada pasir halus lepas jenuh dan batuan lempung, guncangan dapat mengakibatkan perpindahan atau rotasi butir yang menyebabkan likuifaksi secara tiba-tiba. Apalagi ketika gempa bumi yang terjadi dan rangkaian letusan gunung berapi yang menghasilkan guncangan dan mengganggu keseimbangan lereng. Hal ini terjadi pada Gunung Nangklak yang tersusun dari batuan ubahan hidrotermal berbutir halus mengalami gerakan tanah pada 11 November 2002. Namun, di sisi lain dengan berkembangnya struktur geologi yang melewati

kompleks vulkanik dan kemungkinan terkait dengan fitur termal aktif pada aktivitas vulkanik muda menunjukkan adanya potensi sumber panas dari sistem panas bumi Gunung Papandayan.

Keragaman Proses Geologi

Keragaman proses geologi Gunung Papandayan yang sedang berlangsung memiliki karakter erupsi tipe freatik. Umumnya tipe ini terjadi ketika ledakan didorong oleh uap yang dihasilkan dari tanah atau batuan yang dingin disertai air permukaan yang bersentuhan dengan batuan panas atau magma. Kegiatan freatik Gunung Papandayan umumnya lemah, tetapi cukup eksplosif pada beberapa kasus. Terdapat beberapa kawah yang sudah dikenal, diantaranya Kawah Mas, Kawah Baru, Kawah Nangklak, dan Kawah Manuk.



Gambar 6.8. Struktur kawah, terdapat di Kawah Mas, Kawah Manuk, Kawah Brungbrung, Kawah Tegal Alun-alun, Kawah Nangklak, dan Kawah Baru yang biasanya disebut kompleks Kawah Gunung Papandayan.

Kawah-kawah tersebut mengeluarkan uap dari sisi dalamnya.

Secara umum, keragaman proses geologi Gunung Papandayan dapat dijelaskan melalui evolusi geologi. Evolusi dimulai dengan pembentukan Pegunungan Selatan (Tersier), diikuti dengan pembentukan gunung api di sekitar Gunung Papandayan seperti Gunung Geulis, Gunung Cikuray, Gunung Jaya, dan Gunung Puntang. Kemudian disusul pembentukan tubuh Gunung Papandayan yang menghasilkan kawah Papandayan, Kawah Tegal Alun-alun, Kawah Nangklak, Kawah Manuk, Kawah Mas, dan Kawah Baru (Gambar 6.8).

Erupsi besar yang mengeluarkan isinya sangat besar, tercatat secara komprehensif pada 11 Agustus 1772, ketika Indonesia masih di bawah bayang-bayang kolonialisme Belanda, catatan tersebut tersipikan oleh Belanda, seperti yang dicatat oleh Leupe (1773), Raffles (1817), Hageman (1823), Junghuhn (1857), Wallace (1890), dan lain-lainnya.

Leupe (1773) seorang ahli geologi Belanda yang menulis tentang erupsi Gunung Papandayan 1772 dalam jurnal ilmiah "*Hollandsche Maatsch. Wetensch te Haarlem, 4, Verh., h. 21-23*", menyebutkan bahwa erupsi besar terjadi beberapa kali dalam waktu 5 menit, diawali dengan dimuntahkannya api yang sangat besar yang terjadi di kawah sentral yaitu Kawah Mas dan awan panas meluncur ke arah timur laut dan sebagian besar dari bahan erupsi dialirkan oleh sungai Ciparugpug dan Cibeureum ke arah kampung Cibalong dan Cibodas.

Ternyata tidak hanya para ahli geologi yang mencatatkan peristiwa erupsi Gunung Papandayan 1772 ini, orang-orang terkenal dunia pun ikut menginformasikannya, di antaranya dua orang terkenal berkebangsaan Inggris, yaitu Thomas Stamford Raffles (1817) yang sempat menjadi Gubernur Jenderal Hindia Timur, menuliskannya dalam buku berjudul *The History of Java* dan Alfred Russel Wallace (1890), seorang naturalis sekaligus penjelajah, geografer, antropolog, biolog, ilustrator, dan mencetuskan teori evolusi lewat seleksi alam menuliskannya dalam buku berjudul

The Malay Archipelago. Walaupun, informasi yang dituliskan oleh kedua negarawan Inggris terkenal itu tidak begitu rinci, namun, ketertarikan dan kepedulian dalam membahas peristiwa erupsi dan dampaknya terhadap kehidupan manusia, lahan, dan kesuburan tanah di sekitarnya dalam buku mereka menjadi penting, bahwa erupsi yang terjadi sangat dahsyat dan dampak positifnya Gunung Papandayan yang berada di Garut Jawa Barat menjadi terkenal dan banyak dikunjungi wisatawan mancanegara.

Penuturan peristiwa erupsi 1772 yang lebih komprehensif ditulis oleh seorang penjelajah gunung terkenal berkebangsaan Jerman, yaitu F.W. Junghuhn dalam bukunya, berjudul *Java, seine Gestalt, Pflanzendecke und innere Bauart*, cetakan kedua yang diterbitkan di Leipzig tahun 1857. Hal yang menarik untuk di bacakan ulang adalah informasi pada bagian kesatu buku ini yang telah diterjemahkan oleh Muhammad Malik Ar Rahiem (2014), sebagai berikut:

“Pada malam hari tanggal 11 dan 12 Agustus 1772, terjadi satu-satunya erupsi yang diketahui dari gunung ini (Papandayan). Salah satu letusan terkuat yang terjadi dan mengakibatkan kekacauan di Pulau Jawa, terutama bagi mereka yang pernah berkunjung ke Jawa. Penduduk yang tinggal di lembahan di Garut berlarian kacau di tengah malam, karena melihat Puncak Gunung Papandayan yang berpijar benderang oleh nyala letusan. Pijarnya menyala terang, mengalahkan gelap malam. Dentuman bongkah dan gemuruh asap menjadi latar suara orang-orang yang panik berlarian. Bola api dan bongkah panas yang berpijar beterbangan di udara. Empat puluh desa di kaki Papandayan binasa, dan hampir tiga ribu orang menemui ajalnya, dikubur awan panas yang menerjangnya. Penduduk desa-desa yang lebih terpercil menyelamatkan diri mereka sendiri. Mereka bergegas melarikan diri, menghindari kehancuran oleh hujan batu berikutnya. Keesokan hari mereka menyadari dahsyatnya letusan Papandayan. Puncak Gunung Papandayan yang mereka kenal sudah tiada, hanya menyisakan celah kawah terbuka yang dalam terbatuk-batuk hembuskan debu dan letusan yang masih tersisa. Pada hari yang sama dengan letusan Papandayan, dua gunungapi



Gambar 6.9. Lukisan Gunung Papandayan yang di beri judul "*Vulkan Papandayan auf Java*" (1905) merupakan karya seorang ahli zoologi dan naturalis asal Jerman Ernst Haeckel (1834-1919).

lainnya tak mau kalah dan terbangun juga, yaitu Gunung Ciremai dan Gunung Slamet. Gunung-gunung ini saling berjauhan! Entah ada hubungan apa di antara mereka?. Sejak 1843 hingga sekarang, ketika saya (Junghuhn) terakhir mengunjungi gunung ini, artinya dalam periode 71 tahun, pertumbuhan gunung telah menutupi hingga dua pertiga dari jurang kawah yang terbentuk 71 tahun sebelumnya. Endapan-endapan lontaran gunungapi seperti pasir dan abu yang menutupi lembah Garut telah ditutupi tanah, desa-desa baru bangkit kembali di kuburan yang lama."

Menurut Junghuhn, erupsi yang terjadi pada Gunung Papandayan itu merupakan erupsi besar yang menyebabkan sebagian dari puncak gunung dilontarkan dan melanda daerah seluas lebih kurang 250 km². Junghuhn pun berkisah tentang 8 orang yang selamat dari erupsi Gunung Papandayan karena mereka bersembunyi di kebun pisang kecil. Juga kisah tentang dua orang Jawa yang sudah terkubur

di dalam tanah tapi entah bagaimana caranya bisa menyelamatkan diri dari kematian. Dari hasil penelitian Abdurrachman (2008), ditemukan fakta bahwa ada kemungkinan delapan orang yang selamat berada pada ketinggian yang terisolir dari aliran awan panas “Wedhus Gembel”. Secara total hampir 3000 orang meninggal dunia, sementara kerugian yaitu 40 desa lenyap, 1500 ternak, perkebunan kapas, indigo, serta kopi yang cukup luas juga hancur lebur.

Dari catatan-catatan para ahli geologi dan orang-orang terkenal di atas, kini telah menjadi dasar para ahli vulkanologi di era Republik Indonesia dalam merekonstruksi evolusi Gunung Papandayan dan dampak yang ditimbulkannya. Dalam hal ini dilakukan oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), Badan Geologi, KESDM.

Menurut PVMBG, erupsi Gunung Papandayan telah terjadi sebelum 1772, ketika itu telah terbentuk endapan sekunder berupa endapan guguran puing yang tersebar di sektor utara-timurlaut yang bersumber dari Kawah Manuk. Kemudian disusul dengan runtuh bagian dari tubuh gunung api ini yang melanda kawasan membentuk tapal kuda. Dampak erupsi Papandayan tahun 1772 menghancurkan 40 kampung dan membentuk danau besar dan tercatat sebanyak 2.951 jiwa menjadi korban akibat runtuh gunung api (Wallace, 1890). Menurut PVMBG, Badan Geologi korban erupsi 1772 itu menjadi yang terbesar dalam sejarah Indonesia.

Setelah erupsi 1772, Gunung Papandayan mengalami masa tenang dan banyak dimanfaatkan para peneliti dari berbagai keilmuan mengunjunginya, seperti dilakukan oleh C.G.C Reindwardt, seorang berkebangsaan Jerman, pendiri kebun raya Bogor mendaki gunung ini pada tahun 1819. Beliau menjadi orang-orang asing pertama yang mendaki dan menjelajahi Gunung Papandayan. Selanjutnya pada masa-masa tenang inilah, Gunung Papandayan menjadi surga bagi para ahli ilmu kebumihan khususnya kegunungpian dan hayati hingga sekarang, di antaranya dilakukan oleh R.D.M. Verbeek dan R. Fennema melakukan penelitian erupsi Gunung Papandayan pada 1772. Mereka berpendapat bahwa letusan 1772 ini berlangsung seperti halnya yang terjadi pada Gunung Semeru Jawa Timur pada

1885, hanya saja letusan Gunung Papandayan dianggap lebih kuat.

Berdasarkan catatan-catatan PVMBG, Badan Geologi, Gunung Papandayan (Kawah Mas) kembali aktif bergejolak pada 11 Maret 1923 hingga 9 Maret 1925. Selama 2 tahun itu sering terjadi erupsi kecil yang tidak membahayakan. Erupsi yang terjadi pada 11 Maret 1923 tercatat berasal dari kawah yang terdapat di Tegal Alun-alun, yakni berupa letusan lumpur dan batu-batuan sebesar kepala manusia yang terlontar hingga kurang lebih 150 meter. Menurut keterangan Camat dan penduduk Cisirupan, erupsi tersebut telah terbentuk kawah baru seluas 100 meter persegi dan menurut Taverne (1925) didalamnya terdapat tujuh buah lubang letusan dan sebuah danau kecil. Bersamaan dengan pembentukan kawah baru diatas, pada bulan Juni 1923, di kaki Gunung Nangklak pada dinding curam sebelah selatan kawah Mas telah terbentuk sebuah kawah baru yang diberi nama kawah Nangklak dengan tiga buah lubang letusan di dalamnya.

Setelah erupsi kecil yang silih berganti antara 1923 - 1925 di masing-masing kawah yang berbeda, akhirnya Gunung Papandayan memasuki masa istirahat yang cukup panjang sampai erupsi freatik terjadi kembali setelah hampir 60 tahun. Aktivitas dimulai kembali ketika erupsi freatik kecil pada tanggal 1 - 3 Oktober 2002 menyebabkan meningkatnya kegiatan erupsi. Ketika itu temperatur di kawah Mas mengalami peningkatan dan sempat membakar endapan belerang yang terdapat didalamnya. Pada tanggal 10 November 2002, Pos Pengamatan Gunung Api Papandayan mencatat peningkatan signifikan jumlah Gempa Vulkanik tipe B sebanyak 60 kali. Gempa ini menandai sistem rekahan dan tanah di kawasan kawah Mas menjadi jenuh dengan uap air dan tekanan, sekaligus mengaktifkan sistem uap di kawah Mas menuju ke erupsi freatik selanjutnya.

Menurut Oni Kurnia, dr., (2007), karakteristik deformasi Gunung Papandayan diketahui mempunyai laju yang cepat karena adanya pusat tekanan yang dangkal (1,1 km) dan geologi tubuh Gunung Papandayan yang lebih bersifat elastis. Namun tiga bulan menjelang letusan (Agustus 2002) terjadi peningkatan yang signifikan

yaitu semakin membesar terutama menjelang November 2002. Akhirnya pada tanggal 11 November 2002, erupsi freatik pertama terjadi di kawah Baru pada pukul 16.03 WIB, yakni berupa semburan debu pekat ke udara yang mencapai ketinggian 5 km dari atas puncaknya. Erupsi di kawah Baru tersebut menyebabkan terjadinya longsor dahsyat disebagian dinding bukit kawah Nangklak dan banjir bandang (*debris flow*) di sepanjang aliran sungai Cibeureum gede hingga ke sungai Cimanuk sejauh 7 km, namun debris yang terjadi tidak sebesar yang terjadi pada 1772. Material longsor tersebut jatuh ke hulu Sungai Cibeureum Gede dan mengakibatkan banjir bandang lumpur sepanjang Sungai tersebut di Kecamatan Bayongbong. Peristiwa itu, telah mengubah wajah lembah tapal kuda Gunung Papandayan akibat material yang ditumpahkan yang menimbun dasar lembah dan mengubur aliran Sungai Ciparugpug. Sementara G. Nangklak mengalami longsor dahsyat bersamaan dengan terbentuknya beberapa kawah baru. Tercatat 5 rumah rusak berat dan jalan antara Garut dengan Cikajang terputus.

Dampak erupsi kali ini sekitar 3.349 warga dari 5 desa mengungsi serta terjadi kerusakan berbagai infrastruktur dan beberapa jenis lahan. Aktivitas berangsur menurun hingga 21 Desember dan sejak tahun 2003 status Gunung Papandayan terbilang fluktuatif hingga pada periode 2011-2012 statusnya ditingkatkan menjadi siaga disertai perencanaan evakuasi untuk desa terdekat. Hal ini disebabkan pada periode tersebut bahaya erupsi dianggap cukup serius, namun seiring waktu gelombang gempa dan pancaran gas yang kuat tidak berlanjut, sehingga aktivitas vulkanisme yang terjadi dianggap sebagai reaksi sistem hidrotermal terhadap *pulse* panas magmatik, artinya panas yang dipindahkan oleh *fluks* gas vulkanik dari reservoir magma menyebabkan peningkatan tekanan dan suhu, sehingga cairan menjadi terlalu panas dan mengembang, memecahkan tanah saat keluar ke permukaan.

Kini, aktivitas erupsi Gunung Papandayaan secara berkala dipantau oleh PVMBG, Badan Geologi, baik secara geologi, geofisika, geokimia maupun geodetik. Pada 2016, salah satu balai yang dimiliki Badan Geologi yaitu Balai Penyelidikan dan Pengembangan

Teknologi Kegunungapian (BPPTK) Yogyakarta melakukan pemantauan terhadap beberapa parameter geokimia, yang hasilnya dijelaskan sebagai berikut:

1. Secara umum, komposisi gas solfatara/fumarola kawah-kawah yang ada di Gunung Papandayan terdapat korelasi pada perubahan konsentrasi gas-gas vulkanik yang ada: CO_2 , H_2O , SO_2 , H_2S , dan HCl pada kawah-kawah di puncak Gunung Papandayan. Korelasi yang sangat terlihat adalah adanya perubahan gas CO_2 dan H_2O . Gas lain yang menunjukkan adanya kenaikan konsentrasi adalah gas HCl , H_2S , dan SO_2 . Perubahan konsentrasi gas tidak terjadi pada kawah-kawah dalam waktu yang bersamaan. Perubahan konsentrasi gas bersifat lokal. Kemungkinan karena aktifnya *fracture* yang ada di puncak menyebabkan pergerakan pada kawah-kawah aktif yang bersifat lokal. Suhu di Kawah Emas mempunyai nilai yang cenderung menurun.
2. Berdasarkan hasil pengukuran distribusi gas yang dilakukan dengan sensor gas: CO_2 , H_2S , SO_2 di udara dan tanah pada kedalaman sekitar 50 cm yang dilakukan pada jalur jalan setapak masyarakat. Pengukuran gas (CO_2) dalam tanah pernah dilakukan pada tanggal 12 s/d 21 Agustus 2011 digunakan sebagai pembanding. Adapun hasil evaluasi distribusi gas udara dan tanah, sebagai berikut:
 - Sebaran gas CO_2 tanah di kawah sebagian besar mempunyai konsentrasi kurang dari 1%, terutama pada jalur jalan setapak masyarakat. Beberapa titik mempunyai konsentrasi yang lebih tinggi, antara 1 hingga 10 %, berada pada kawah pusat aktivitas dan di area dekat parkir. Sedangkan konsentrasi gas CO_2 udara hampir tidak ada yang berkonsentrasi lebih dari 1 %, hanya satu titik yang CO_2 udara yang lebih dari 1% yaitu di dekat parkir kendaraan. Dengan demikian, distribusi gas udara dan tanah menunjukkan bahwa gas dalam tanah saat teremisikan diudara langsung terdistribusi dan terencerkan dengan udara, sehingga konsentrasi CO_2 menjadi kecil.
 - Pemantauan pada tanggal 12 s/d 21 Agustus 2011 menunjukkan

gas yang terdeteksi hanya gas hingga akhir pengukuran. Kemudian hasil pengukuran tersebut tidak terjadi peningkatan gas tersebut sampai dengan pengukuran terakhir. Pengukuran saat ini dibandingkan dengan pengukuran yang dilakukan pada tahun 2011, hasilnya menunjukkan konsentrasi gas CO₂ tanah tidak berubah.

- Gas H₂S dan SO₂ mempunyai pola yang sama, yaitu gas dengan konsentrasi yang tinggi terdapat di pusat-pusat aktivitas, terutama gas udaranya. Kadar H₂S antara 0 - 6,4 ppm, dan SO₂ sebesar 0-13 ppm., sehingga sangat disarankan masyarakat untuk tidak mendekati kawah.
3. Berdasarkan komposisi air kawah baik anion (SO₄, Cl, CO₂), kation (SiO₂, Al, Mg, Fe, Ca) serta parameter fisik (pH, DHL, TDS, suhu, dan salinitas), secara umum menunjukkan air danau kawah bersifat asam, sementara secara spesifik masing-masing kawah menunjukkan:
- Kawah Emas: pada tahun 2010 (Mei dan Oktober) mempunyai pH yang rendah dengan konsentrasi anion dan kation yang tinggi, menunjukkan adanya gas vulkanik yang terlarut dalam danau kawah. Hal ini berkorelasi dengan komposisi gas solfatara yang telah dibahas di atas. Mulai tahun 2012 sampai dengan tahun 2014, nilai pH mengalami kenaikan yang diikuti dengan penurunan konsentrasi anion dan kation. Pada Desember 2015 terjadi penurunan pH dan kenaikan anion kation. Kemudian pada 2016, pH kembali naik dan konsentrasi anion kation kembali menurun.
 - Kawah Nanglak: secara umum, sejak Juni 2009 memiliki pH yang terus mengalami penurunan, dengan kenaikan senyawa kimia terlarut. Dengan demikian, seiring konsentrasi senyawa kimia yang terlarut dan tinggi relatif konsentrasi gas yang diemisikan pada Juni 2009 tersebut menunjukkan tidak adanya perubahan yang signifikan pada komposisi air, namun pada saat air memiliki pH rendah maka kadar Cl meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa keasaman air kawah dipengaruhi

oleh injeksi gas vulkanik di dasar kawah.

- Kawah Baladagama: secara umum hingga Desember 2015 tidak mengalami perubahan signifikan sampai dengan Des. 2015. Baru pada Mei 2016, pH-nya mengalami perubahan yang lebih tinggi, sementara senyawa kimia terlarut mengalami penurunan. Kadar SO_4 , S total, dan Cl mempunyai variasi berbanding terbalik dengan pH, sedangkan kadar CO_2 tidak selalu mengikuti variasi pH. Hal ini menunjukkan bahwa anion memberikan kontribusi keasaman pada air dimana anion tersebut berasal dari gas vulkanik yang bereaksi dengan air. Kadar Fe, Al, Ca, dan Mg menurun seiring dengan kenaikan pH. Tren tersebut disebabkan oleh terjadinya perubahan tingkat kejenuhan yang mengakibatkan adanya pengendapan sehingga kadar Fe, Al, Ca, dan Mg dalam air rendah.

Keunikan Geologi Gunung Papandayan

Sumber Magma Papandayan

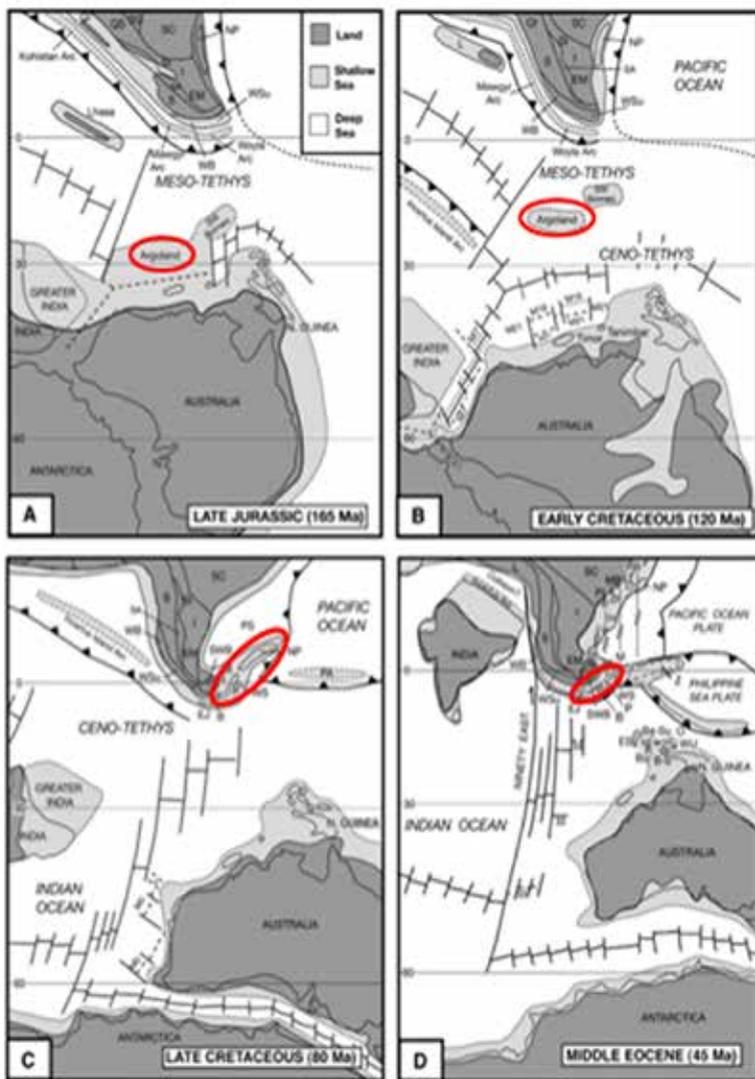
Salah satu keunikan geologi Gunung Papandayan dapat mengacu pada hasil penelitian Abdurrachman, M., drr., (2016). Meraka mengatakan bahwa evolusi magmatik di bawah Papandayan dikendalikan oleh proses asimilasi dan kristalisasi fraksional dalam keadaan tidak stabil, di mana magma induk mengalami asimilasi dalam sistem terbuka dan menutup sebelum fraksinasi di setiap unit stratigrafi. Sedangkan Cikuray merupakan sistem tertutup yang hanya terjadi fraksinasi kristal. Proses evolusi magmatik yang berlangsung dalam tiga tahap menghasilkan keanekaragaman batuan vulkanik Papandayan dan Cikuray. Hal ini disebabkan pengaruh fragmen kontinen Gondwana yang terkontaminasi oleh magma tipe Cikuray dengan K-rendah sehingga menghasilkan magma tipe Papandayan K-sedang pada tingkat kerak. Keanekaragaman ini terjadi bersamaan dengan perubahan tipe *basement* di bawah kawasan Papandayan (bagian utara dibatasi oleh Paparan Sunda, bagian selatan oleh fragmen Superbenua Gondwana). Zona jahitan

diinterpretasikan terletak di antara kedua gunung api ini, meskipun posisi pastinya tidak jelas.

Lebih lanjut Abdurrachman, M., dr., (2017) menjelaskan keberadaan Superbenua Gondwana yang melandasi Gunung Papandayan berawal dari adanya perbedaan produk vulkanik antara Gunung Papandayan dan Gunung Cikuray yang seharusnya memiliki sumber magma serta aspek-aspek geologi yang sama. Hal ini mengingat kedua gunung berada pada satu area *volcanic complex*. Batuan hasil pendinginan magma yang keluar ketika erupsi Gunung Papandayan memiliki kadar K_2O (Kalium Oksida) relatif lebih tinggi dari Gunung Cikuray. Padahal berdasarkan studi geokimia yang sudah ada, rendahnya kandungan kimia K_2O adalah sifat utama yang mewakili karakter seluruh batuan hasil aktivitas gunung api yang ada di Pulau Jawa. Hadirnya kandungan K_2O yang tinggi pada batuan, di duga terjadi akibat proses pencampuran konten kimia dari magma pembentuk Gunung Papandayan dengan material atau “batuan lain”. Batuan tersebut tentunya memiliki kandungan kimia berupa K_2O yang tinggi.

Untuk mencari tahu jenis kontaminan apa yang terasimilasi didalamnya, Abdurrachman, M., dr., (2017) melakukan suatu perbandingan dengan beberapa batuan yang diambil dari berbagai negara di dunia sebagai bentuk korelasi geologis. Hasil perbandingannya menunjukkan bahwa batuan yang paling cocok untuk menjadi kontaminan di dalam magma Gunung api Papandayan adalah batuan granit dari benua Australia yang pada saat itu bagian dari Superbenua Gondwana, (Gambar 6.10 atas). Hal ini didasarkan pada kandungan unsur *major*, *trace*, dan *rare earth* serta unsur isotop Sr (*Stronsium*) dan Nd (*Neodimium*), yang menunjukkan, baik Papandayan maupun Cikuray berasal dari induk magma yang sama. Namun jalur keluar kedua magma tersebutlah yang membedakan komposisi akhir masing-masing magma yang terbentuk dan menjadi sebuah fenomena yang perlu diteliti secara mendalam.

Kemudian Abdurrachman, M., dr., (2017) pun mengatakan bahwa magma di bawah Papandayan diindikasikan mengandung



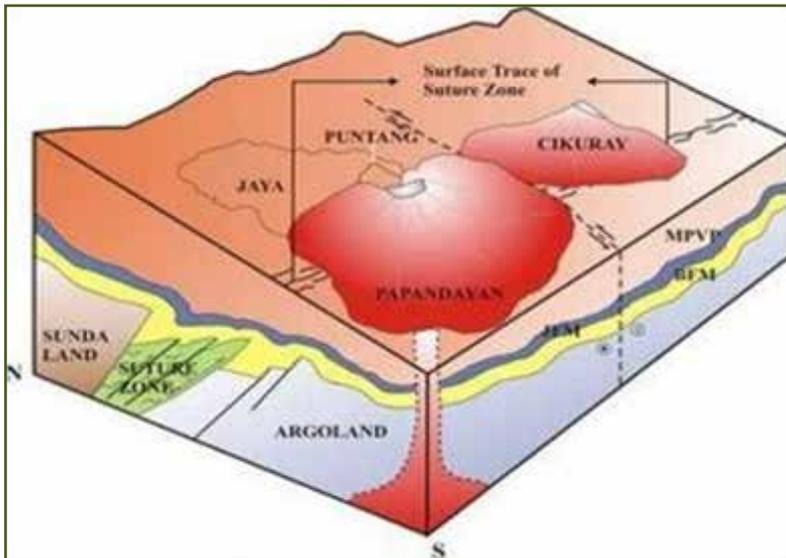
Gambar 6.10. Skema perjalanan panjang pecahan Australia bernama Argoland hingga sampai di Indonesia (Pulau Jawa). (Sumber: Metclafe, 2011).

pecahan Australia yang kaya akan senyawa K_2O , yang berperan sebagai kontaminan magma. Pecahan Australia atau yang sering disebut dengan Argoland sempat menumbuk bagian tenggara Sundaland dan akhirnya menjadi pijakan Gunung Papandayan pada 85 juta tahun yang lalu atau pada akhir dari zaman kapur, (Metclafe, 2011). Dengan kata lain, diantara Gunung api Papandayan dan Gunung api Cikuray terdapat zona *suture* yang memisahkan kedua gunung api tersebut, (Gambar 6.10 bawah).

Debris Avalanches Gunung Papandayan

Debris avalanches Gunung Papandayaan akibat erupsi 1772 dan 2002 merupakan peristiwa yang fenomenal yang menjadi bahan kajian para ahli vulkanologi dan ilmu kebumihan lainnya. Situs *Debris avalanches* tersebut terbentuk pada bagian puncak dan menyebar mengikuti kelurusan punggung yang menempati bagian lembah diantara dinding produk aliran lava atau menempati Sub DAS yang berada di hulu bagian barat daya dari sungai Cimanuk, (Gambar 6.11). Terdapat 5 sub DAS di bagian hulu yang berhubungan langsung dengan endapan *debris avalanches*. Hasil penelitian lanjutan terhadap aktivitas vulkanisme Gunung Papandayan mengindikasikan bahwa letusan 1772 diprediksi memiliki kolom erupsi mencapai tinggi hingga tiga kilometer. Temperatur yang terukur pada peristiwa ini melejit hingga ke angka 350 Kelvin, atau hampir setara dengan 77°C, serta kecepatan aliran awan panas yang mendekati angka 70 m/detik. Dengan kondisi tersebut, hampir mustahil apapun yang menghalanginya dapat bertahan dari gempuran bencana ini, termasuk masyarakat setempat dan sekitarnya.

Dahsyatnya *debris avalanches* hasil erupsi 1772 diperlihatkan pada Gambar 6.12. Secara fisik material yang diendapkan saat ini berwarna putih kuning, coklat kemerahan, masif, tersusun oleh blok, klastika dan matrik, ukuran pasir sampai bongkah dan prosentase ukuran diameter komponen sedikit, banyak terdapat lapukan serta tidak ditemukan pumis dan scoria. Penyebaran endapan dimulai dari Kawah Mas sampai ke arah timurlaut seperti di kampung Cibalong

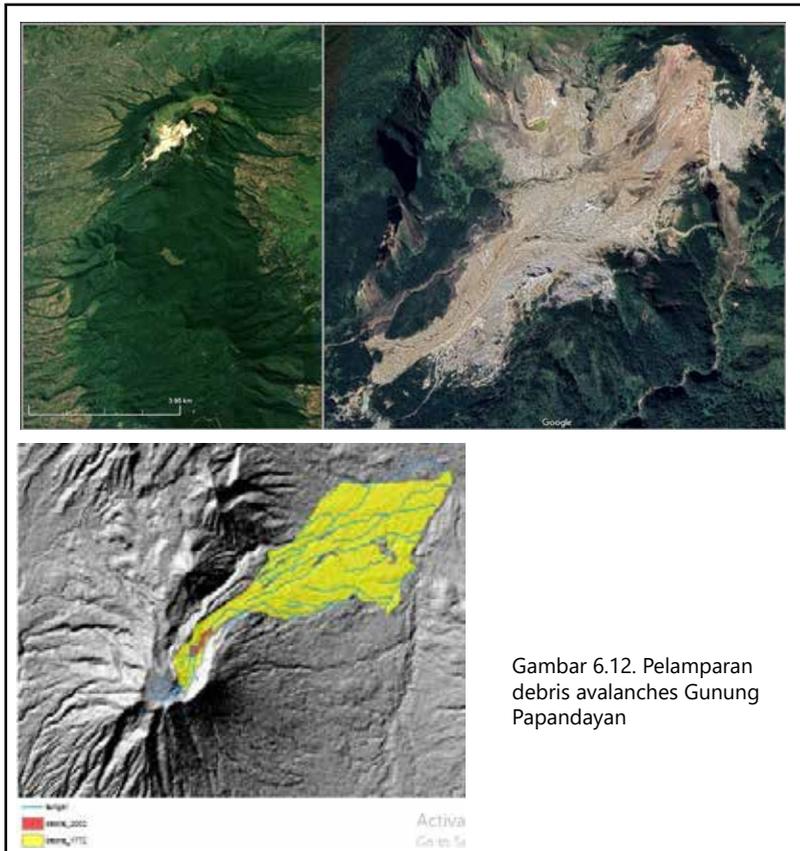


Gambar 6.11. Model skematik keberadaan pecahan Australia (Argoland) di bawah Gunung Papandayan dan Cikuray. Kontaminasi magma dengan Argoland bertanggung jawab atas anomali di Gunung Papandayan (Abdurrachman, 2017).

dan Cibodas, sebagian menjadi bukitbukit (*hummock*) dan sebagian lagi tersebar di tempat yang landai.

Endapan debris avalanches 1772 mempunyai fasies proksimal, medial dan distal serta mempunyai struktur *jigsaw crack* (Hadisantono, 2006). Berdasarkan parameter fisik menunjukkan dominan matrik dan diameter ukuran komponen rata-rata 10-16 cm dengan bentuk butir membundar tanggung-membundar. Prosentase diameter komponen pada endapan menggambarkan pengaruh jarak landaan dari pusat erupsi. Tingkat pelapukan yang tinggi mencirikan adanya pengaruh eksogen, sebagian besar telah menjadi tanah dan lempung dengan tingkat kerapatan yang tinggi, sehingga memiliki tingkat resistensi batuan yang rendah dan kondisi ini berpotensi terjadinya gerakan tanah.

Debris avalanches 2002 terbentuk akibat erupsi gunung api Papandayan pada 11 Nopember 2002 yang didahului oleh gempa



Gambar 6.12. Pelamparan
debris avalanches Gunung
Papandayan

vulkanik tipe A (dalam) dan gempa vulkanik tipe B (dangkal), kejadian ini diikuti oleh erupsi freatik. Sebuah makalah yang disusun oleh H.Z. Abidin, drr (2003), menetapkan bahwa letusan 2002 bersifat campuran-freatik, freatomagmatik, dan magmatik. Pengukuran SO_2 membuktikan bahwa Papandayan adalah penghasil emisi sederhana dari gas tersebut dengan perkiraan total fluks SO_2 adalah 1,4 t/hari selama periode inter-erupsi dibandingkan 7000 t/hari selama letusan 2002 ini. Pada letusan ini pun terbentuk danau kawah yang menampung air asam sulfat-klorida dengan pH 1,6 – 4,6.



Gambar 6.13.
Atas adalah gambaran fisik dari endapan *debris avalanches* 1772.
Kanan adalah gambaran fisik dari endapan *debris avalanches* 2002.
Sumber: Asep Nursalim, drr., (2016)

Kejadian tersebut memicu terjadinya longsor yang berasal dari tebing Gunung Nangklak, yang merupakan bagian dari rim berbentuk tapal kuda pada kompleks Gunung Papandayan. *Debris avalanches* tersebut membentuk kelurusan punggungan dengan penyebaran terbatas dan jarak dari sumber lebih kurang 2 km. Posisinya menumpang dan searah dengan endapan *debris avalanches* 1772 (Gambar 6.13 atas). Di beberapa bagian terputus karena adanya pengaruh air sehingga membentuk lembah. *Debris* ini menempati bagian puncak dan materialnya memenuhi hulu sungai Ciparugpug dan sungai Cibeureumgede.

Menurut Asep Nursalim, drr., (2016), secara fisik material longSORan berwarna abu-abu sampai kecoklatan, berukuran pasir hingga bongkah dengan tinggi singkapan 8 m, melapuk, ukuran rata-rata diameter komponen berkisar 20 hingga 28 cm, bentuk butir meruncing membundar tanggung, sedikit matrik, tidak ada pumis dan scoria, penyebaran sempit, tingkat pelapukan menengah dengan tingkat kerapatan rendah. Keadaan ini menyebabkan stabilitas lahan memiliki tingkat resistensi tinggi (Gambar 6.13 kanan). Akumulasi material tersebut lambat laun tergerus oleh air hujan dan membuat alur tersendiri tetapi masih dalam media sungai.

Hadisentonono, R.D., (2006) menyikapi sistem hidrotermal Gunung Papandayan yang berperan penting terjadinya *debris avalanches*. Hal ini ditinjau dari proses alterasi yang telah melemahkan kohesi batuan, sehingga kawah dan daerah lereng Gunung Papandayan telah mengalami alterasi hidrotermal yang kuat. Kondisi demikian menyebabkan kawasan menjadi rentan terhadap longsor. Demikian pula, keberadaan struktur geologi seperti sesar normal menyebabkan rekahan pada batuan memungkinkan mata air yang keluar dari dasar retakan batuan vulkanik merembes bersama air hujan ke lereng Gunung Nangkklak yang terjal, mengubah konsistensinya dan merusak fisiknya serta memberikan tekanan pada partikel tanah, yang mengganggu stabilitas lereng.

Peran penting lainnya yang disoroti Hadisentonono, R.D., (2006) adalah debit air yang besar di sekitar daerah puncak telah menyebabkan pasir vulkanik berbutir halus yang sangat berubah menjadi jenuh. Dengan adanya guncangan akibat gempa bumi dan rangkaian erupsi gunung api ini dapat mengganggu keseimbangan keadaan lereng, pasir lepas atau material klastik seperti endapan jatuhnya udara dapat menyebabkan gangguan ikatan *intergranular* yang mengakibatkan terjadi penurunan kohesi dan terjadinya perpindahan atau rotasi butir. Kondisi ini menyebabkan *likuifaksi* tanah secara tiba-tiba (Zaruba, 1967), mengakibatkan terjadi perubahan gradien lereng pada Gunung Nangkklak yang curam menjadi sangat rentan terhadap gerakan tanah.

Dengan demikian, wajar bila dua gempa yang dirasakan pada tanggal 11 November 2002 yang disertai dengan letusan freatik besar di Kawah Baru, telah mengguncang lapisan pasir vulkanik berbutir halus yang jenuh air dan berubah hidrotermal di Gunung Nangkklak. Hal ini menyebabkan terjadinya *debris avalanches* dan longsor-longsor, baik di dalam dan di sekitar kawasan kawah pada masa erupsi sekitar tanggal 15 hingga 20 November 2002 dalam bentuk erupsi freatomagmatik. Longsor puing-puing kecil, bom kerak roti, dan ledakan terarah yang terjadi mengakibatkan luapan lumpur di Sungai Cibeureum Gede yang merusak dan menelan korban.

Pemanfaatan Kawasan Gunung Papandayan

Saat ini Gunung Papandayan merupakan salah satu gunung api aktif di Jawa Barat yang telah dikembangkan menjadi objek wisata alam dan tempat tujuan bagi para peneliti gunung api mancanegara. Aktivitas vulkanisme yang terjadi selama beratus-ratus tahun ini, telah menghasilkan dan meninggalkan keragaman geologi dalam bentuk-bentuk alam yang khas berupa kerucut gunung api, kawah, singkapan bebatuan dan terbentuknya struktur-struktur geologi baru. Semua itu termanifestasikan dalam bentukan-bentukan fenomena alam yang indah berupa curug (air terjun), danau, mata air panas, lubang semburan uap panas dari dalam tanah, kolam-kolam mendidih dan endapan belerang berwarna kuning yang menyatu dengan batuan yang berserakan di hamparan bentang alam dataran tinggi dan lembahlembah dalam antar perbukitan.

Taman Wisata Alam Gunung Papandayan

Wajar bila fenomena alam Gunung Papandayan yang spektakuler dan menakjubkan itu menjadi Taman Wisata Alam (TWA) yang banyak dikunjungi. Gunung Papandayan adalah salah satu TWA yang dikelola oleh pemangkuan Seksi Konservasi Wilayah V Garut Bidang KSDA Wilayah III Ciamis Balai Konservasi Sumber Daya Alam (BKSDA) Jawa Barat yang merupakan unit pelaksana teknis setingkat eselon III di bawah Direktorat Jenderal Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistem Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.

TWA Gunung Papandayan yang terletak sekitar 70 km sebelah tenggara Kota Bandung, tepatnya di Kecamatan Cisurupan Kabupaten Garut dengan ketinggian 2.665 mdpl, dikenal dengan obyek daya tarik wisata alamnya berupa hutan konservasi, hutan mati, hamparan padang bunga edelweiss, Pondok Saladah, Sabana Tegal Panjang serta kawah-kawah kecil yang selalu mengeluarkan asap. Pada TWA ini wisatawan dapat melakukan hiking dan berkemah untuk menikmati panorama alam serta keindahan matahari terbit (*sunrise*) di pagi hari maupun matahari terbenam (*sunset*) di senja

hari dari salah satu puncak Gunung Papandayan.

Saat ini pengelola Gunung Papandayan, berusaha menata dan mengembangkan objek wisata alam yang baru dan menambah sarana rekreasi seperti dua kolam renang yang berisikan air hangat mengandung sulfur dengan suhu air bisa mencapai $\pm 30^{\circ}\text{C}$, yang diperuntukan masing-masing untuk anak-anak dan dewasa. Harapannya para wisatawan dapat berendam melepas lelah setelah melakukan hiking atau perjalanan dan sekaligus terapi untuk mengobati berbagai penyakit seperti rematik dan penyakit lainnya. Keistimewaan lainnya adalah wisatawan dapat berendam/berenang sambil menikmati fenomena Kawah Papandayan yang jaraknya tidak lebih dari dua kilometer, (Gambar 6.14).

Selain itu, untuk memberikan kenyamanan dan keamanan wisawatan, pihak pengelola TWA Gunung Papandayan telah melakukan perluasan lapangan parkir, perbaikan masjid dan penataan warung-warung jajanan/souvenir, sehingga diharapkan mampu meningkatkan kualitas lingkungan dan meningkatkan pendapatan masyarakat setempat dan jumlah Penerimaan Negara Bukan Pajak.



Gambar 6.14. Kolam renang kawasan Taman Wisata Kawah Gunung Papandayan ini berada Kecamatan Cisarupan, Kabupaten Garut. Untuk mencapai tempat ini, Anda dapat menempuh perjalanan menggunakan kendaraan selama satu jam dari pusat Kota Garut.

Keunikan Hutan Konservasi Gunung Papandayan

Fenomena geologi yang terjadi pada Gunung Papandayan seperti yang telah diuraikan di atas telah membawa gunung ini menjadi sebuah lokasi penting bagi para peneliti vulkanologi dan ilmu kebumihan lainnya sejak zaman Kolonial Belanda hingga kini, karena perubahan atau kejadian erupsi gunung ini sangat dinamis sehingga penelitian pun terus berlanjut. Terbentuknya keragaman geologi pada Gunung Papandayan telah menjadi media untuk tumbuhnya keanekaragaman hayati dan cerita tentang perubahan alam yang sistematis dari bahaya geologi menjadi sumber daya alam. Hal ini membuat banyak orang (wisatawan) terpesona bahkan takjub dan di antaranya banyak yang terinspirasi menjadi penggiat konservasi alam, karena sekarang mereka paham bahwa peristiwa perubahan alam itu tidak sebentar tetapi membutuhkan waktu ratusan hingga ribuan tahun, sementara untuk merusaknya dapat dilakukan seperti membalikkan telapak tangan.

Keunikan yang dimiliki Gunung Papandayan itu membuat pemerintah kolonial Belanda pada 1924 menetapkan kawasan hutan seluas 884 Ha menjadi kawasan cagar alam. Saat ini total luas cagar alam telah bertambah menjadi 6807 Ha dan ditambah taman wisata alam seluas 225 Ha. Penambahan luas cagar alam dan taman wisata alam ini ditetapkan melalui Surat Keputusan Menteri Kehutanan No. 226/kpts/1990 tanggal 8-5-1990, meliputi Gunung Papandayan, Gunung Puntang, Gunung Jaya, Gunung Kendang, Tegal Panjang dan kawah Darajat.

Para ahli tumbuhan menggolongkan hutan pada cagar alam Kompleks Gunung Papandayan yang berada pada ketinggian 1.900-2.675 m.dpl sebagai hutan pegunungan atas dan sub-alpin. Keunikan keanekaragaman hayati itu tersebar mulai dari Cisupabeureum (2126 Mdpl) di kaki Gunung Puntang hingga Tegal Panjang. Keunikan ditunjukkan pada pertumbuhan vegetasi kawah di lahan yang terdampak erupsi 1772 atau disekitar kawah aktif. Terbentuk keanekaragaman tinggi umumnya di wilayah yang tidak terdampak erupsi, terutama pada lahan hutan dan hutan campuran, sementara pada lahan yang terdampak erupsi keanekaragamannya rendah

umumnya berupa vegetasi rerumputan.

Merujuk pada hasil penelitian Sulistyawati, drr., (2015), keunikan keragaman hayati yang tumbuh di sekitar kawah, umumnya berupa edelweis, sedangkan pada hutan campuran tumbuh pohon-pohon berdiameter besar yang diselimuti oleh lumut dengan lantai hutan rapat yang ditumbuhi oleh tumbuhan bubukuan seperti pohon anggrit dan ki hujan yang keberadaannya sangat mendominasi tumbuhan lainnya, diantaranya pohon salam anjing, salam beurit, dua jenis herba penutup tanah yaitu *Elatostema eurhynchum* dan *Elatostema rostratum*, dan tumbuhan rambat arbei hutan. Keunikan lainnya terjadi di lahan bekas kebakaran hutan di Tegal Panjang, yaitu ditemukannya 25 jenis tumbuhan herba yang hidup bersama alang-alang. Beberapa di antaranya yang menonjol adalah ki urat, antanan dan *Scleria terestis*. Sedangkan tumbuhan *endemic* di antaranya *Alchemilla villosa* dan tumbuhan langka berupa *Primula imperialis*.

Menurut pengelola kawasan cagar alam dan taman wisata alam, selain tumbuhan-tumbuhan di atas, dapat dijumpai dan diamati juga beberapa satwa liar yang hidup di hutan Papandayan, seperti monyet surili, lutung, babi hutan, mencek dan macan tutul. Didaerah pinggiran hutan dekat perkebunan dapat menjumpai dengan mudah binatang tando, sigung dan careh. Di hutan selepas kawah hingga Sabana Tegal Panjang dapat dijumpai sepah gunung, burung sapu, mungguk loreng, wergan dan kacamata bersama dengan puyuh laga dan cincoang biru yang menghuni semak-semak. Burung saeran, saeran kelabu dan walik kepala ungu juga sering terlihat juga di hutan ini. Untuk menjumpai luntur gunung dan luntur harimau butuh kecermatan dan kesabaran.

Selanjutnya, di daerah perbatasan hutan dengan kebun sayur atau kebun teh dapat ditemukan burung pemangsa yang terancam kepunahan yaitu elang jawa bersama dengan dua pemangsa lainnya yaitu elang ruyuk dan elang hitam. Burung saeran, wergan koneng, pijantung kecil dan kepudang sungu jawa juga mudah ditemui didaerah ini. Sementara burung kandancra dan cica matahari memerlukan kesabaran untuk dapat melihatnya. Kebun teh telah

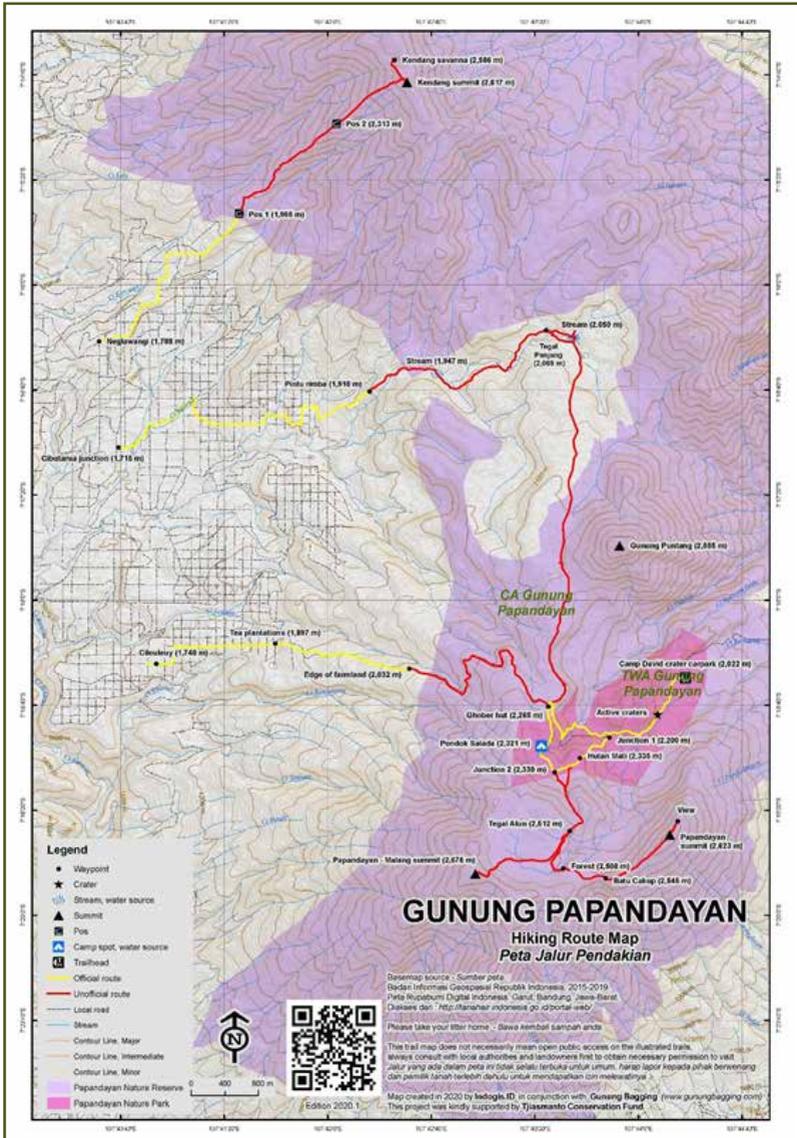
menjadi habitat dan arena bermain dua jenis burung toed dan tektek reod. Berdasarkan dari kebiasaan makannya, burung-burung di Gunung Papandayan sebagian besar (64%) adalah pemakan serangga (*insectivor*). Kondisi ini menunjukkan peranan burung yang besar dalam menjaga keseimbangan populasi serangga yang terdapat di hutan Papandayan.

Menurut catatan dokumen kolonial Belanda, saat itu masih dapat dijumpai banteng, rusa dan pelanduk yang terlihat merumput di Tegal Panjang. Pemangsa berupa harimau jawa juga masih sering muncul. Tetapi sekarang semuanya hanya tinggal kenangan, satwa-satwa tersebut sulit dijumpai bahkan dianggap telah punah. Peneliti burung berkebangsaan Belanda bernama Hoogerwerf pada tahun 1948 melaporkan terdapat 115 jenis burung yang hidup di Gunung papandayan. Penelitian pada tahun 2004 pada sisi barat Gunung Papandayan, dari Pondok Saladah sampai Tegal Panjang serta daerah perbatasan hutan dengan kebun di Pengalengan telah ditemukan 73 jenis burung. Delapan jenis diantaranya endemik pulau Jawa dan 15 jenis lainnya dilindungi oleh perundang-undangan. Terdapat 2 jenis burung yang terancam kepunahan, yaitu elang jawa dan luntur gunung serta 2 jenis burung lainnya yang mendekati dan terancam punah yaitu wallet gunung dan cica matahari.

Geowisata Gunung Papandayan

Penjelasan di atas itulah yang membendakan keindahan dan keunikan Gunung Papandayan dengan gunung api lainnya di Indonesia. Hal ini menjadi modal dasar dalam mengembangkan geowisata dan ekowisata, karena kedua kegiatan di alam ini tidak sekedar memberi suasana rekreasi, tetapi memberikan pengetahuan tentang evolusi pembentukan Gunung Papandayan yang berujung pada pentingnya pemahaman konservasi alam dan mitigasi bencana sehingga diharapkan wisatawan dapat mengapresiasi keadaan yang ada dan ikut berkiprah atau setidaknya menjadi dutanya.

Beberapa lokasi atau situs alam penting yang baik untuk kegiatan geowisata dan ekowisata, diantaranya adalah Kawas Mas, Pondok



Gambar 6.15. Jalur Pendakian di Gunung Papandayan, (sumber: Daniel Quinn, 2020).

Saladah, Tegal Alun-alun, Lembah Maut (lembah Ruslan), dan lain sebagainya. Kegiatan geowisata dan ekowisata ini menarik dilakukan dengan cara traking, hiking, fotografi, dan berkemah.

• **Kawah Mas**

Kawah Mas yang memiliki luas sekitar 10 Ha adalah lokasi yang selalu menjadi tujuan utama dari semua perjalanan menuju Gunung Papandayan. Jika dibandingkan dengan objek wisata lainnya yang ada di sekitar gunung ini, Kawah Mas merupakan lokasi yang sudah ditata sedemikian rupa dan tampak lebih maju dan berkembang. Hal ini disebabkan Kawah Mas berperan penting dalam rangkaian letusan Gunung Papandayan. Di lokasi ini terdapat 14 lubang yang mengeluarkan asap dengan warna yang berbeda-beda, beberapa mata air mengandung belerang juga terlihat keluar dari sela-sela bebatuannya dan wisatawan dapat mengamati aktivitas kawah Mas dari jarak yang sangat dekat, hanya saja harus dilakukan dengan hati-hati karena kawah ini terbilang masih aktif dan dari lubang-lubang magma tersebut sering terdengar suara-suara yang unik dan kadangkala menakutkan bagi sebagian wisatawan. Selain Kawah



Gambar 6.16. Panorama Kawas Mas yang terlihat masih aktif menjadi tujuan utama geowista ke Gunung Papandayan.

Mas, juga beberapa kawah lainnya dapat dikunjungi seperti kawah Manuk, Kawah Baru, dan Kawah Nangklak. Biasanya ketiga kawah tersebut dikunjungi oleh para peneliti dalam rangka pengamatan aktivitas gunung api Papandayan.

Waktu pun berlalu, 20 tahun terakhir ini tidak terjadi ektivitas erupsi yang berarti, kini di sekitar kawah-kawah aktif Gunung Papandayan mulai banyak terlihat tumbuhan semak yang tahan terhadap gas beracun seperti suwagi, rumput kawah dan paku kawah. Semakin menjauh dari kawah, tumbuhan semak menjadi lebih beranekaragam. Selain itu dijumpai pula pohon segel, ramo gencil, huru koneng, semak harendong, edelweiss, rumput kawah, paku andam, tumbuhan rambat gandapura dan bungbur. Semakin ke tepian jalan, banyak dijumpai pohon ki haruman yang dahannya unik karena banyak benjolan-benjolan.

Bila memperhatikan bagian utara kompleks kawah atau di belakang daerah bekas pesanggrahan *Hoogbert hut*, kondisi hutan mulai berubah karena pengaruh kawah yang mulai berkurang. Hutannya dipenuhi oleh pohon-pohon berdiameter sedang yang rapat dengan lantai hutan ditumbuhi semak, seperti pohon kendung, anggrit, huru batu, dan huru sintok. Selain itu, tumbuhan paku bagedor dapat dijumpai bersamaan rumput carex dan semak semak teklan. Sedangkan, keanekaragaman fauna di Gunung Papandayan, khususnya disekitar dinding kawah banyak dijumpai burung pemangsa dadali dan alap-alap capung, sedangkan di sekitar kawah yang didominasi pepohonan suwagi banyak dijumpai burung kacamata, balecot, tengtelok dan tikukur.

Pada kompleks Kawah Mas ini terdapat sebuah lembah yang di kenal sebagai Lembah Maut. Lokasi ini merupakan salah satu yang dianggap berbahaya bagi pengunjung karena banyak mengandung gas beracun dan telah menimbulkan korban meninggal. Kejadian itu terjadi pada 18 Desember 1924, ketika seorang mantri gunung bernama Ruslan tewas di lembah tersebut karena menghirup gas beracun tersebut. Kejadian-kejadian lainnya pun sering terjadi dan menyebabkan banyak kematian itu menyebabkan Lembah Maut dinyatakan berbahaya dan kemudian ditutup. Peristiwa

tragis tersebut menyebabkan Lembah Maut sering disebut juga Lembah Ruslan.

• **Pondok Saladah**

Sepanjang perjalanan dari tempat parkir (titik awal pendakian) menuju Pondok Saladah akan disuguhi panorama alam yang sangat indah, yakni pemandangan pembuka berupa bentangan kaldera berbentuk tapal kuda yang sangat luas, yakni mencapai 3 Km yang dihiasi oleh bebatuan berwarna-warni yang berserakan. Selama perjalanan disebelah kanan dijumpai dinding batu berwarna perak bernama tebing soni, tempat yang baik untuk memandang Kota Garut yang menempati bentang alam pedataran dan dibelah Sungai Cimanuk yang eksotis. Sedangkan di sebelah kirinya terlihat jejak aliran material erupsi Gunung Papandayan pada 2002 yang menghancurkan pepohonan dan lubang-lubang tempat keluarnya uap panas dari dalam bumi. Suwagi yang kembali tumbuh di kawasan ini mulai menghiasi lahan yang gersang dan menjadi pemandangan menyenangkan selama perjalanan menuju Pondok Salada.

Pondok Saladah ini merupakan areal padang rumput seluas 8 Ha yang terdapat di ketinggian 2.288 Mdpl. Konon, lokasi ini disebut Pondok Salada, karena kawasan ini banyak ditumbuhi pohon saladah yang tumbuh subur dan liar di aliran air dan selokan-selokan kecil di sekitar kawasan ini. Saladah yang sering dijadikan lalapan oleh masyarakat Sunda khususnya masyarakat Garut, nyatanya tidak ada, yang terlihat adalah edelweis sang “bunga abadi” yang memiliki aroma khas. Biasanya Pondok Salada sering dijadikan sebagai tempat untuk kegiatan perkemahan, karena disekitarnya terdapat Sungai Cisoladah yang airnya mengalir sepanjang tahun.

Area menarik lainnya di Gunung Papandayan adalah kawasan Hutan Mati yang terletak bersebelahan dengan Pondok Salada. Di tempat ini terdapat bumi perkemahan yang berjarak 3 km dari pintu masuk ke arah puncak dengan luas 2 Ha. Kebanyakan yang berkemah, selain menikmati suasana malam yang dingin dan hening, juga berharap di pagi harinya dapat menikmati suasana bentang



Gambar 6.17. Suasana bentang alam Dataran Tinggi Garut dengan latar belakang *sunrise* dari Hutan mati sekitar Pondok Salada Gunung Papandayan.

alam Dataran Tinggi Garut yang indah dan memesona dengan latar belakang *sunrise* dan kadangkala mendapat bonus “Negeri di Atas Awan”, sebuah fenomena dan suasana alam yang menakutkan. Sementara, di pagi hari ketika matahari mulai menyinari pohon-pohon kering tak berdaun dan banyak pohon cantigi yang mulai terlihat menghitam menjadi pesona unik yang mengesankan. Momen di pagi buta hingga pagi hari itu menjadi ajang yang di tunggu-tunggu para wisatawan khususnya penggemar fotografi.

• **Tegal Alun-Alun**

Tegal Alun-Alun merupakan lokasi kawah tertua di Gunung Papandayan yang telah lama mati dan berubah menjadi padang terbuka. Pada lahan ini didominasi oleh tumbuhan edelweis yang selalu menyebarkan wangi bunga selama kita berada di kawah tua ini. Tanaman khas pegunungan ini sudah beberapa kali mengalami kehancuran, seperti pada erupsi 2002 tertimpa abu vulkanik, menyebabkan hampir seluruh edelweis mati. Kemudian pada



Gambar 6.16. Tegal Alun-Alun merupakan lokasi kawah tertua dari Gunung Papandayan yang telah lama mati dan berubah menjadi padang terbuka yang semua lokasinya hampir dipenuhi oleh tumbuhan edelweis yang beberapa waktu lalu sempat terbakar.

Oktober 2015 terjadi kebakaran besar yang menyebabkan lebih dari setengah tumbuhan edelweis menjadi abu.

Perjalanan menuju Tegal Alun-Alun dapat ditempuh dari Pondok Salada melewati hutan mati dengan waktu tempuh sekitar satu jam melalui jalan setapak yang landai dan hanya ada satu tanjakan sebelum mencapai Tegal Alun. Waktu yang tepat berada Tegal Alun-Alun ketika matahari menjelang terbit dan belum tinggi, sehingga perjalanan harus dimulai di pagi buta. Keuntungannya perjalanan terasa tidak melelahkan karena suasana alam masih terasa dingin hingga sejuk, hanya saja pada saat musim kemarau jalan setapak sedikit licin dan berdebu, sementara pada musim hujan terasa lebih licin dan sedikit berlumpur.

Lokasi Tegal Alun-Alun dikelilingi puncak-puncak bukit yang menghiasi Kompleks Gunung Papandayan dan dari bukit-bukit itulah muncul sumber mata air yang kemudian mengairi Sungai Ciparugpug dan diantaranya terdapat sumber mata air panas yang

keluar melalui retakan atau celah bebatuan yang ada disekitarnya. Bagi para peneliti, Tegal Alun-Alun selalu menjadi tempat mengamati satwa-satwa liar dan tumbuhan-tumbuhan endemik. Bagi sebagian wisatawan menjadi tempat untuk melepaskan penat sambil menikmati keindahan keanekaragaman alam, pergerakan matahari dan awan sejak pagi (*sunrise*) hingga senja (*sunset*). Bila menyempatkan kemping, momen pergerakan bulan dan bintang menjadi teman dikeheningan malam. Lawang Angin dan Tebing Soni merupakan tempat di sekitar Tegal Alun-Alun yang tepat untuk mengabadikan momen penting tersebut. Konon, Tegal Alun-Alun ini pernah menjadi landasan pesawat dan markas tentara Belanda, sayangnya jejak infrastrukturnya sudah tidak nampak lagi.

• **Tegal Panjang**

Tegal Panjang merupakan padang rumput atau sabana yang memiliki keunikan karena berada di lembah pada kompleks Gunung Papandayaan di antara Gunung Kondang, Gunung Jaya, Gunung Puntang, dan Gunung Papandayan dengan hamparan rumput yang cukup luas mencakup hampir 90% dari luas kawasan ini. Sekitar 46 ribu hektar dari luas Tegal Panjang umumnya ditumbuhi rumput hijau.

Sejauh mata memandang panorama sabana begitu memikat dan memesona. Di antara rerumputan itu terdapat beberapa aliran sungai kecil yang sangat jernih dan dingin airnya, serta sekitar 10% lahan sabana ini ditumbuhi tanaman arbei yang beragam rasanya mulai berasa manis hingga asam. keberadaan arbei menjadi salah satu sumber makanan bagi beberapa hewan seperti kera, lutung, dan monyet.

Banyak yang beranggapan bahwa sabana Tegal Panjang terbentuk secara alami. Namun menurut penuturan Van Steenis (1972), Tegal Panjang merupakan padang rumput yang terbentuk setelah terjadi kebakaran akibat ulah manusia. Hal ini disebabkan Tegal Panjang berada pada jalur perdagangan tradisional yang menghubungkan dataran tinggi Pangalengan dan Lembah Garut. Tegal Panjang ini

oleh para pemburu hewan dan pelintas menjadi tempat strategis untuk berkemah dan beristirahat, sehingga kemungkinan kebakaran terjadi ketika mereka menyalakan api unggun untuk menghangatkan tubuh, memasak, dan menghindari dari sergapan binatang buas. Kebakaran yang berulang kali selama bertahun-tahun, akhirnya secara perlahan mengarah pada pembentukan padang rumput terbuka yang semakin meluas dan didominasi oleh tumbuhan alang-alang (*Imperata cylindrica*).

Meskipun sabana Tegal Panjang tidak terbentuk secara alami, namun suksesi pertumbuhan rerumputan pasca kebakaran telah menghasilkan keanekaragaman yang unik. Menurut hasil penelitian Sulistyawati, dr., (2015) cukup banyak jenis tumbuhan herba yang mampu hidup bersamanya, sehingga kelompok herba pada padang rumput ini memiliki tingkat keanekaragaman relatif tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh Sulistyawati dan rekan-rekannya itu merupakan salah satu penelitian yang jarang dilakukan semenjak van Steenis (1972) mengawali studi vegetasi yang menggambarkan keanekaragaman tumbuhan di padang rumput Tegal Panjang.

Kini Tegal Panjang ini menjadi salah satu tujuan wisata alam favorit Gunung Papandayan. Paduan antara padang rumput dan pemandangan gunung-gunung yang melingkari Tegal Panjang menyajikan panorama dan kesejukan alam yang jarang ditemui. Banyak yang menyebut tempat ini sebagai miniatur Grassland New Zealand atau Grassland yang ada di dataran tinggi Himalaya, dan Grassland Afrika. Keberadaan grassland di daerah tropis menjadi sesuatu yang langka dan unik, sehingga bisa dikategorikan sebagai warisan alam dan penetapan sebagai cagar alam sudah tepat bahkan bila ditetapkan sebagai cagar alam geologi akan lebih *powerfull*.

Berbeda dengan kawasan wisata lainnya di Kompleks Gunung Papandayan, akses dan fasilitas penunjang di Tegal Panjang ini sama sekali tak ada. Hal itu disebabkan Tegal Panjang sebagai kawasan konservasi yang dilindungi, menyebabkan akses atau campur tangan manusia sangat dibatasi. Kini berdasarkan surat keputusan yang dikeluarkan oleh Kementerian Kehutanan No. 226/kpts/1990 tanggal 1990/08/05, kawasan Tegal Panjang memiliki status sebagai kawasan



Gambar 6.17. Keunikan Tegal Panjang adalah rumput-rumput berubah warna sesuai musim, di musim penghujan rumput-rumputnya hijau dan sangat menyejukkan mata. Saat peralihan dari musim penghujan ke kemarau rumputnya menguning dan akan berubah cokelat saat puncak kemarau, (Foto: kerildoang, 2016).

cagar alam. Alasan penetapannya, selain ditumbuhi rumput yang luas, juga menjadi habitat hewan langka dan buas, seperti harimau, babi hutan, panther, dan lain sebagainya juga membutuhkan perlakuan konservasi.

Akses untuk mencapai kawasan Tegal Panjang, dapat melalui dua rute. Pertama melalui kawasan wisata Gunung Papandayan, dan kedua melalui rute Pangalangan. Rute yang paling mudah dan resmi atau legal adalah melalui kawasan Gunung Papandayan, yang terletak di Kecamatan Cisurupan, Kabupaten Garut, Propinsi Jawa Barat, posisinya berada di sebelah tenggara Kota Bandung dengan jarak tempuh sekitar 70 km. Berbeda dengan obyek wisata lainnya di TWA Gunung Papandayan, memasuki Tegal Panjang tidak diberlakukan sistem retribusi tiket. Hanya saja memerlukan izin khusus atau SIMAKSI (Surat Izin Masuk Kawasan Konservasi) yang dikeluarkan oleh BKSDA (Balai Konservasi dan Sumber Daya Alam) Gunung Papandayan. Tanpa SIMAKSI yang lengkap maka tidak boleh masuk, dan jika melanggarnya akan dikenakan denda dan

sanksi. Akses dari Gunung Papandayan ini bisa dilalui sekitar 6 jam perjalanan dengan berjalan kaki. Rute yang dilalui dimulai ketika memasuki atau melewati kawasan hutan tropis yang sejuk. dan unik karena hampir semua pohon ditumbuhi oleh lumut.

Sementara melalui Pangalengan, Kabupaten Bandung dapat dilakukan dengan berjalan kaki selama lebih kurang 9 jam pulang-pergi. Dengan seizin BKSDA, rute perjalanan di mulai dengan menyusuri kawasan Perkebunan Teh Malabar, memasuki kawasan hutan tropis, dan setelah itu dimulailah menjelajahi sabana Tegal Panjang. Selama, di Tegal Panjang dilarang untuk berkemah dan menyalakan api unggun, namun berkemah untuk sekedar beristirahat sejenak dan berfoto ria masih diperbolehkan.

CIKURAY KARACAK

Kabuyutan
Jawara Padjadjaran

Bentuk Starovolcano Gunung Cikuray dengan ketinggian 2.818 m.dpl dan Gunung Karacak yang memiliki banyak puncak dan puncak tertingginya 1.838 mdpl. Kedua gunung api tua ini mudah dikenali terutama dari wilayah pedataran Cekungan Garut sehingga banyak yang terinspirasi untuk menjelajahi kedua gunung ini. Ada perbedaan kegiatan geowisata ke Gunung Cikuray dan Gunung Karacak dengan ke gunung-gunung lainnyat. Kedua gunung ini dikatagorikan sebagai gunung api purba artinya kegiatan vulkanisme sudah tidak nampak, yang ada hanya sisa-sisanya saja sebagai situs geologi. Obsesi berkunjung ke Gunung Cikuray adalah mencapai puncak stratovulkano dan mengunjungi cagar budaya sebagai pusat pertapaan para pendeta dan ilmu pengetahuan pada masa kerajaan Pajajaran. Sedangkan kunjungan ke Gunung Karacak cenderung pada penjelajahan situs-situs budaya dan menikmati keragaman puncak-puncak gunung, lembah-lembah terjal, air terjun serta mengamati situs-situs geologi yang berkaitan dengan proses eksogen.

Cikuray adalah gunung berbentuk stratovolcano yang terletak di tengah-tengah Kabupaten Garut dan termasuk ke dalam 5 kecamatan, yaitu kecamatan Bayongbong, Cikajang, dan Dayeuh Manggung, yang memiliki ketinggian 2.818 m.dpl (Gambar 7.1), merupakan gunung tertinggi ke empat di Jawa Barat setelah Gunung Ciremai, Pangrango, dan Gede. Gunung ini memiliki kawah yang sudah tidak aktif. Ketika aktif, produk erupsi Gunung Cikuray umumnya berupa aliran lava andesit basaltik, dengan beberapa aliran piroklastik dan endapan lahar (Abdurrachman dan Yamamoto, 2012). Gunung Cikuray, bersama Gunung Papandayan, terletak di dalam Kompleks Vulkanik Segitiga Jawa Barat, kelompok gunung berapi Pliosen hingga Kuartar (Abdurrachman et al., 2015).

Bentuk unik Gunung Cikuray telah menginspirasi para cendekiawan Kerajaan Padjadjaran sekitar abad ke-15 untuk mendirikan kabuyutan. Salah satunya di kenal luas dengan sebutan Kabuyutan Ciburuy yang berlokasi di lereng Gunung Cikuray, Desa Pamalayan, Kecamatan Cigedug, Kabupaten Garut. Kabuyutan ini dikenal sebagai tempat para cendekiawan Padjadjaran



Gambar 7.1. Pedataran Garut, antara Gunung Cikuray (atas) dan Kompleks Gunung Guntur (Bawah).

mengembangkan aneka ilmu pengetahuan dan menurunkannya kepada generasi berikutnya. Kini, Kabuyutan Ciburuy telah berubah menjadi Cagar Budaya tempat menyimpan berbagai naskah kuno pada masa Kerajaan Padjadjaran. Konon, Prabu Kian Santang pernah menjadikan kabuyutan ini sebagai arena pertarungan dengan para jawara yang ada di seantero Pulau Jawa.

C.M. Pleyte (1914), seorang kurator dari museum Belanda pernah berkunjung langsung pada 1904 ke Kabuyutan Ciburuy untuk melakukan penelitian. Hasil penelitiannya menunjukkan pada salah satu naskah kunonya tertulis bahwa Gunung Cikuray disebut juga sebagai Gunung Srimanganti atau Srimanganten, tempat pertapaan dan menulis, salah satunya dilakukan oleh Kai Raga. C.M. Pleyte meyakini bahwa tokoh ini yang mewariskan naskah-naskah kuno tersebut kepada cucunya bernama Raden Saleh. Pada saat itu beliau berperan sebagai pimpinan kelompok keagamaan. Namun, jejak keberadaan dari cucu Kai Raga ini tidak dapat ditemukan sejak 1865, maka Pleyte beranggapan bahwa beliau telah meninggal dan tidak memiliki keturunan.

Gunung Karacak, merupakan salah satu gunung yang terletak di bagian tenggara Kota Garut dan menjadi perbatasan wilayah Kabupaten Garut dengan Kabupaten Tasikmalaya. Jika dilihat dari Kota Garut, Gunung Karacak lebih terlihat sebagai gugusan pegunungan dengan puncak tertingginya sekitar 1.838 mdpl. (Gambar 7.2a). Keberadaannya tidak terlalu menonjol seperti Gunung Cikuray, Gunung Papandayan, atau Gunung Guntur. Gunung ini tidak memperlihatkan bentuk stratovolcano seperti Gunung Cikuray. Hal ini dapat dipahami karena dalam sejarah geologi Gunung Karacak diidentifikasi lebih tua dari Gunung Cikuray sebagaimana dari hasil pengamatan lapangan memperlihatkan proses-proses geomorfologi pada tahapan akhir atau tahap pendataran (Gambar 7.2b). Penggolongan stadia ini di kontrol oleh keadaan litologi, struktur geologi, hidrologi, hidrogeologi, dan proses-proses non geologi seperti klimatologi dan pola pertumbuhan keanekaragaman vegetasi.



Gambar 7.2.
 a. Fenomena Gunung Karacak yang memiliki banyak puncak
 b. Tahap perkembangan bentangalam gunung api (Hartono, 2011) dan Gunung Karacak termasuk stadia pendataran (seperti pada kotak merah).

Selain memiliki potensi wisata alam, Gunung Karacak memiliki pula potensi wisata budaya, karena di sekitar gunung ini terdapat beberapa tempat yang dianggap keramat oleh masyarakat. Di antaranya adalah Godog, tempat dimakamkannya Sunan Rohmat, yang lebih dikenal dengan sebutan Prabu Kian Santang, atau Pangeran Cakrabuana. Wajar, bila gunung ini juga sering disebut Gunung Cakrabuana, sebuah nama yang memiliki makna “kekuatan Bumi atau Alam”. Kian Santang lahir tahun 1315 M di Tatar Pasundan, wilayah barat pulau Jawa. Nama kecil Raden Kian Santang berubah setelah menuntut ilmu di Mekkah menjadi Galantrang, penamaan ini konon didapat ketika ia mencari seseorang yang bisa mengalahkan

kekuatannya. Raden Kian Santang adalah putra Prabu Siliwangi atau Sri Baduga Maharaja Pakuan Pajajaran dengan Nyi Subang Larang.

Dari sisi evolusi geologi, Gunung Cikuray dan Gunung Karacak tidak terpisahkan karena kedua gunung ini ada dalam satu proses pembentukan gunung api. Evolusi kompleks Gunung Api Purba Karacak-Cikuray dapat direkonstruksi sejak tektonik pliosen akhir hingga awal pliestosen, ditandai dengan munculnya khuluk Karacak yang terbentuk dari aliran lava andesit masif. Aliran lava ini merupakan satuan tertua atau produk pertama pada kala Pleistosen.

Kegiatan aktivitas vulkanisme Gunung Karacak yang berulang menyebabkan batuan yang terbentuk memiliki ketebalan seperti nampak saat ini. Dalam prosesnya, hasil dari erupsi gunung api ini tidak selamanya lava, hal ini dibuktikan adanya singkapan breksi dan tuf yang ditemukan pada lingkungan *proksimal-Intermediate*. Kegiatan vulkanisme berikutnya ditandai dengan munculnya Khuluk Cikuray yang merupakan bagian dari formasi gunung api muda Kuartar.

Akhirnya aktivitas vulkanisme di wilayah Karacak-Cikuray mengalami penurunan hingga kegiatan erupsi berhenti. Berhentinya proses konstruktif kompleks gunung api ini mengakibatkan proses destruktif atau proses eksogenik yang meliputi proses erosi dan sedimentasi berjalan begitu dominan hingga menampilkan ciri-ciri bentuk bentang alam gunung api purba, seperti kini diperlihatkan Gunung Karacak dan Gunung Cikuray. Proses eksogenik kedua gunung ini masih terus berlangsung hingga sekarang, dan produk denudasinya diangkut melalui sungai untuk diendapkan pada daerah cekungan yang kemudian membentuk wilayah pedataran.

Kini Khuluk Cikuray masih menampakan kerucut dibagian puncaknya yang menandakan proses pelapukan dan erosional daerah tersebut belum terlalu intens dibandingkan dengan khuluk Karacak yang berumur lebih tua, proses vulkanisme yang terjadi berulang kali, baik berupa lelehan lava ataupun jatuhnya piroklastika telah membentuk suatu Gumuk kecil dibagian kaki Gunung Cikuray yang dikenalkan sebagai Gumuk Cikuray. Gumuk ini disusun oleh satuan breksi piroklastika yang memiliki struktur kemas terbuka.

Geotrek ke Puncak Gunung Cikuray

Kondisi iklim merupakan salah satu penentu untuk melakukan pendakian. Data BMKG menunjukkan intensitas curah hujan di sekitar Gunung Cikuray antara 3500-4000mm dengan kalkulasi bulan basah 9 bulan dan bulan kering 3 bulan dan juga variasi temperatur dari 10°C hingga 24°C. Sehingga idealnya pendakian dilakukan pada musim kemarau terutama pada bulan Juli, Agustus, dan September.

Jalur Pendakian

Terdapat enam jalur pendakian untuk mencapai puncak Gunung Cikuray, (Gambar 7.3): jalur Cilawu (Pemancar), Kiara Janggot, Cintanagara, Pamalayan, Tapak Geurot, dan Cikajang. Namun, yang direkomendasikan dan difavoritkan adalah jalur Pemancar, jalur Cikajang, dan Jalur Bayongbong. Semua jalur dikategorikan cukup pendek yang memungkinkan pendakian dilakukan di siang hari, meskipun pemandangan terbaik biasanya saat matahari terbit dan terbenam. Cikuray adalah gunung yang sangat populer di kalangan pelajar Indonesia, namun masih banyak satwa liar di lerengnya yang curam sehingga perlu kewaspadaan dan persiapan untuk mengantisipasinya.

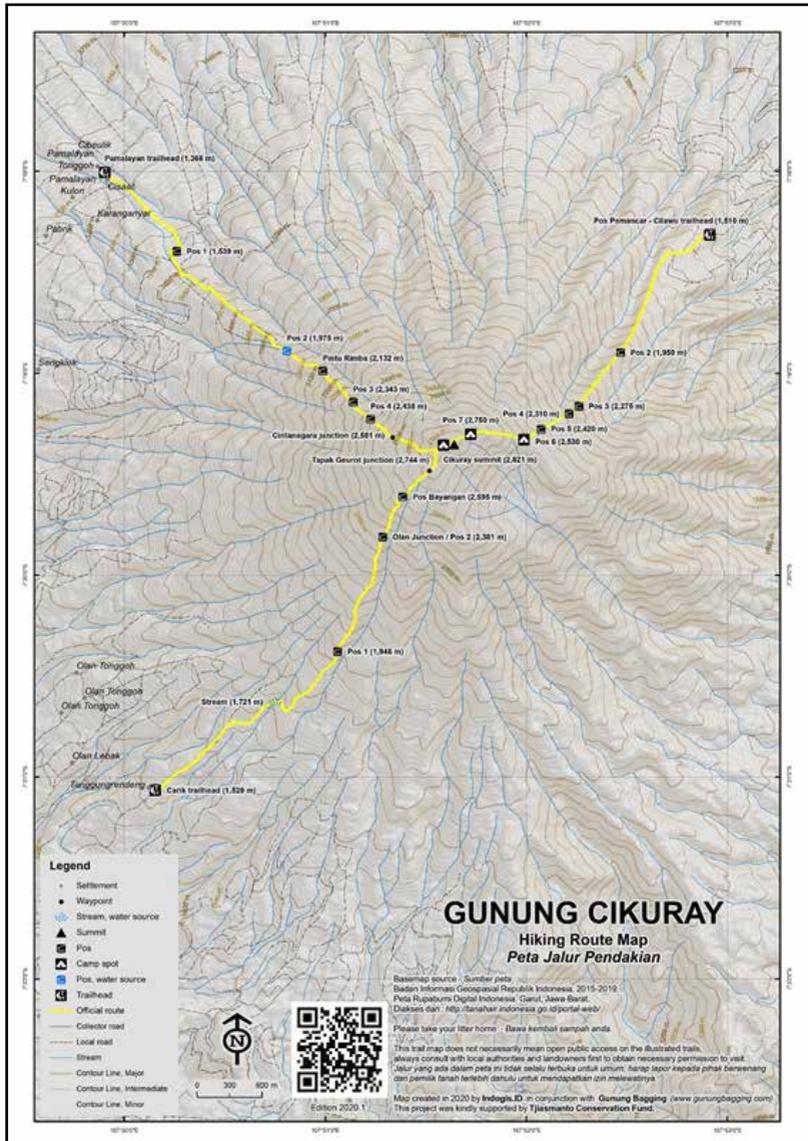
Untuk mencapai wilayah Gunung Cikuray sampai ke lokasi *starpoint* atau *basecamp* pendakian dapat menggunakan GPS pada smartphone. Sedangkan, kendaraan umum dari Bandung atau dari wilayah manapun dapat menggunakan Bus menuju terminal Guntur Garut. Kemudian perjalanan dilanjutkan sesuai dengan pilihan jalur pendakian. Bila pendakian dilakukan melalui Jalur Cilawu, maka pilih angkot 06 dengan tujuan Cilawu dengan terlebih dahulu memberi sandi pada supir “mau ke stasiun pemancar TVRI” atau dalam bahasa sunda “bade ka stasiun pemancar TVRI”. Di wilayah Sukamulya atau Cigarungsang supir angkot akan memberi intruksi untuk turun dan menunjukkan jalannya. Perjalanan menuju Stasiun Pemancar TVRI dapat dilakukan dengan berjalan kaki atau menggunakan jasa ojek. Stasiun Pemancar TVRI Cilawu ini

berperan sebagai pos pendakian ke Puncak Gunung Cikuray.

Untuk mencapai *basecamp* jalur pendakian Bayongbong dapat menggunakan angkot dan disambung dengan ojek menuju Pos (*basecamp*) Bayombong dengan bayaran sekitar 20 ribu rupiah atau sewa angkot jika rombongan. Sedangkan untuk mencapai *basecamp* jalur pendakian Cikajang, dari terminal Garut dapat menggunakan angkot dengan jurusan terminal Cikajang atau langsung naik kendaraan elf dari Bandung. Jika pendakian akan melalui jalur Olan, berhentilah di alun-alun depan masjid agung Cikajang, tetapi bila melalui jalur Carik, berhentilah di pasar Cikajang. Pasar Cikajang adalah tempat pemberhentian angkot dan elf jurusan Cikajang. Dari tempat berhenti di Cikajang ke *basecamp* atau kampung terakhir tempat memulai pendakian bisa ditempuh dengan berjalan kaki atau naik ojek, tetapi sebaiknya menggunakan ojek, karena bila ditempuh dengan berjalan kaki akan memakan waktu dan menguras energi, lebih baik energi disimpan untuk pendakian ke puncak Cikuray.

Setelah menyelesaikan administrasi dan persiapan perlengkapan, maka pendakian dapat dimulai dengan memanjatkan doa terlebih dahulu kepada sang pencipta Allah SWT. Adapun kondisi masing-masing jalur pendakian dijelaskan sebagai berikut:

- **Jalur Pemancar Cilawu**, merupakan menara pemancar televisi untuk wilayah Garut yang dijadikan Pos 1 (1.510 mdpl). Untuk sampai ke puncak dari Pos 1 ini membutuhkan waktu 5 hingga 8 jam sehingga dapat melakukan pendakian di siang hari jika memulainya di pagi hari. Jalur yang sangat populer ini tampaknya selalu menjadi yang paling terkenal dan juga dikenal sebagai Jalur Dayeuhmanggung. Pos lainnya adalah Pos 2 (1.950 mdpl), Pos 3 (2.275 mdpl), Pos 4 (2.310 mdpl), Pos 5 (2.420 mdpl), Pos 6 (2.530 mdpl), dan Pos 7 (2.750 mdpl). Perjalanan di mulai ketika menemukan tikungan tajam tepat sebelum Menara TV yang merupakan area perkebunan teh dan tidak lama tepi hutan tercapai. Jalur di sisi hutan gunung cukup curam, tetapi pendakiannya sangat mudah dan ada beberapa area yang cocok untuk berkemah. Sebelum mencapai puncak terdapat pertigaan, tempat pertemuan dengan jalur Sukamanah. Jalur ini



Gambar 7.3. Jalur Pendakian menuju Puncak Gunung Cikuray, Garut, (Sumber: Daniel Quinn, 2021).

merupakan yang terbaru dari lima jalur yang ada. Kemungkinan jalur ini akan menjadi sangat populer dalam beberapa tahun ke depan karena dekat dengan Kota Garut. Ada tanda besar untuk jalur ini yang berada di jalan utama Garut-Cikajang sekitar 25 menit ke selatan Garut.

- **Jalur Cikajang**, memiliki nama lain yakni jalur Olan atau Jalur Carik atau Jalur Giri Awas. Jalur ini bukan jalur yang populer atau ramai, melainkan jalur yang masih sepi. Keramaian mulai nampak ketika bertemu dengan jalur lain yaitu dengan jalur Kebonsatu dan jalur Tapak Geurot. Rute paling selatan dimulai di desa Carik (1.529 mdpl). Puncak dapat dicapai dalam waktu kurang dari 6 jam (dan di bawah 4 jam untuk turun). Jalan setapak mengarah melalui hutan pinus yang mulai menanjak, namun sebelumnya akan melewati kebun wortel, kentang dan ladang cabai. Di akhir kebun rakyat itu terdapat Pos 1 tepatnya pada ketinggian 1.948 mdpl., yang merupakan sebuah area datar kecil tidak jauh sebelum memasuki hutan pinus. Pendakian sebenarnya dimulai pada ketinggian 2.080 mdpl. mdpl hingga Pos 2 (2.381 mdpl) tempat bergabung dengan jalur Olan (2.385 mdpl). Landmark utama berikutnya adalah Pos Bayangan (2.595 mdpl) yang merupakan tempat yang indah dengan pohon-pohon bonggol (*spesies vaccinium*). Dari sini, mulai terlihat kerucut puncak Cikuray yang diidam-idamkan untuk dicapai. Ada pertigaan lagi di 2.744 mdpl, merupakan tempat pertemuan dengan jalur Tapak Geurot, dan selanjutnya hanya tinggal jalan singkat ke puncak Gunung Cikuray, yaitu Puncak Ribu.
- **Jalur Bayongbong**, merupakan jalur terberat tetapi menjadi jalur terpendek ketimbang dua jalur Cikuray lainnya. Dibutuhkan 4 hingga 7 jam bila dimulai dari Pos 1 Pamalayan (1.366 mdpl) untuk mencapai Puncak Ribu. Perjalanan diawali melalui jalan setapak yang mengarah pada ladang kentang, kubis, bawang, dan perkebunan kopi pada ketinggian sekitar 1.590 mdpl. Terkadang ada panah yang mengarahkan ke jalur yang benar, tetapi sebaiknya bertanya juga pada para petani yang sedang bekerja. Sebenarnya pendakian yang lebih cepat dapat di mulai

di Pos 2 pada ketinggian 1.975 mdpl karena sampai pos ini dapat dicapai dengan kendaraan roda dua. Pada pos dua ini terdapat bangunan milik perkebunan yang dapat menjadi tempat parkir dan terdapat air bersih yang disediakan penduduk setempat. Sehingga perjalanan ke puncak gunung dapat di hemat sekitar 2 jam. Pendakian diawali melewati ladang milik penduduk setempat yang berakhir pada ketinggian 2.070 mdpl. Setelah melalui zona transisi antara ladang dan hutan pada ketinggian 2.132 mdpl mulai memasuki hutan lebat. Memasuki ketinggian 2.240 mdpl hingga Pos 3 pada ketinggian 2.343 mdpl merupakan area terbuka yang luas akibat pohon-pohon terbakar pada tahun 2017, namun kini mulai menghijau kembali. Pos 4 berada pada ketinggian 2.438 mdpl dan Pos 5 berada pada ketinggian 2.550 mdpl. Sesaat setelah Pos 5 terdapat pertigaan sebagai titik pertemuan dengan jalur Cintanegara, tepatnya pada ketinggian 2.581 mdpl dan setelah itu jalan sedikit mendatar. Kemudian, beberapa menit sebelum puncak pada ketinggian 2.795 mdpl terdapat pertigaan tempat pertemuan dengan jalur Cikajang.

- **Jalur Tapak Geurot**, atau jalur Cigedug adalah jalur alternatif pendakian ke puncak Gunung Cikuray yang direkomendasikan. Jalur ini akan bertemu dengan Jalur Olan pada ketinggian 2.730 mdpl. Pendakian ke puncak Cikuray melalui Tapak Geurot terbilang mudah, terutama ketika memulai pendakian dari basecamp menuju Pos 1. Dari *basecamp* yang merupakan bangunan sederhana hasil swadaya masyarakat desa berjalan kaki melewati perkebunan warga dengan jalur pendakian masih cukup landai. Kemudian dilanjutkan menuju Pos 2, dicirikan adanya gubuk kecil yang dapat digunakan untuk beristirahat sejenak. Shelter tempat peristirahan yang membutuhkan waktu lebih lama berada di Pos 3, hanya saja untuk menuju pos tersebut jalanan mulai sedikit terjal yang cukup melelahkan. Lokasi Pos 3 ini cukup nyaman, terdapat warung kopi dan makanan, dan tersedia kamar mandi sederhana. Sebenarnya jasa ojek masih bisa mengantarkan para pendaki hingga Pos 3, namun kebanyakan pendaki lebih memilih berjalan kaki untuk menikmati suasana

alam. Dari Pos ini pendakian dilanjutkan menuju Pos 4 dan Pos 5. Jalur menuju kedua pos ini mulai memasuki kawasan hutan dan jalurnya terbilang sempit, landai hingga agak terjal. Pos 6 dikembangkan sebagai *shelter* untuk beristirahat dan bermalam, karena lokasi ini relatif datar dan mampu menampung beberapa tenda, serta berada dekat dengan Puncak, hanya membutuhkan waktu tidak lebih dari 30 menit.

Puncak Ribu

Pada akhirnya semua jalur pendakian akan berakhir di Puncak Gunung Cikuray yang di kenal sebagai Puncak Ribu. Puncak ini ditandai dengan adanya sebuah bangunan permanen berukuran 3×3 dan di sekitarnya terdapat lahan yang dapat digunakan untuk mendirikan tenda, hanya saja dari segi keamanan cukup membahayakan, karena hembusan angin umumnya kencang dan kadangkala sangat kencang. Bila ditotal waktu pendakian mencapai 4 hingga 6 jam termasuk waktu istirahat sesuai standar pendakian ke Gunung Cikuray bila di mulai dari titik pemberangkatan Pamalayan.

Jalur Bayombong dan jalur Pemancar memiliki karakter hampir sama, yakni treknya cenderung lebih pendek ketimbang jalur Cikajang hanya saja lebih curam dan terjal. Bagi para pendaki, biasanya jalur Pemancar Cilawu adalah pilihan utama dan turunnya dapat memilih jalur Bayongbong atau Cikajang, karena jalan setapaknya langsung menuju jalan kabupaten sehingga transportasi untuk kembali ke Kota Garut mudah di dapat. Hanya saja bila menggunakan pemandu, jangan lupa memberi uang ekstra untuk kembali ke titik awal pendakian yang dapat ditempuh lebih dari 90 menit dengan kendaraan roda empat (mobil).

Geowisata Karacak Valley

Gunung Karacak adalah gunung yang membatasi dua kabupaten yaitu Kabupaten Garut dan Kabupaten Tasikmalaya. Gunung yang memiliki ketinggian 1.839 mdpl berada di antara Gunung Cikuray (2.821 mdpl) dan Gunung Galunggung (2.240 mdpl) memiliki



Gambar 7.4. Gunung Karacak adalah sebuah gunung yang terletak di perbatasan Kabupaten Tasikmalaya dengan Kabupaten Garut di Provinsi Jawa Barat, Indonesia. Gunung ini berlokasi diantara Gunung Cikuray dengan Gunung Galunggung.

keunikan berupa puncak-puncak gunung yang masih diselimuti hutan belantara sehingga menjadi daya tarik para pendaki gunung dan para peneliti khususnya yang mendalami keanekaragaman hayati.

Di Kaki Gunung Karacak ini terdapat kawasan wisata yang sudah di kenal masyarakat Garut dan Jawa Barat yaitu kawasan wisata *Karacak Valley*. Uniknya kawasan wisata alam pegunungan ini masih berada dalam area kecamatan Garut kota. Jadi dari pusat kota pun tidak terlalu lama untuk mencapainya. Lokasi *Karacak Valley* beralamatkan di Kampung Pakuwon, kelurahan Sukanegla, kecamatan Garut Kota, Kabupaten Garut, Jawa Barat.

Karacak Valley merupakan bagian dari kawasan Gunung Karacak berupa perbukitan dengan keanekaragaman hayati yang indah dan menawan. Walaupun letaknya berada pada bentang Alam Lereng Gunung Api (*Proximal Zone*), namun memiliki juga beberapa tinggian untuk melihat panorama alam sekitarnya seperti kerucut Gunung Cikuray, Kaldera Papandayan dan Kawah Putih

Gunung Talagabodas. Selain itu, tempat ini sangat sejuk dan tepat untuk menikmati pesona matahari terbenam (*sunset*) terutama ketika menghilang di balik Gunung Papandayan serta matahari terbit (*sunrise*) yang menyinari lanskap dataran tinggi tempat Kota Garut berada. Titik pandang (*View point*) yang menampilkan suasana sejuk hutan pinus dan kebun kopi ini merupakan bagian dari kawasan Perhutani yang dijadikan obyek wisata dan dikelola oleh Lembaga Masyarakat Desa Hutan (LMDH) Jaya Mandiri.

Jalan menuju *Karacak Valley* relatif mudah, tinggal mengarahkan kendaraan ke jalan Bratayudha, lalu belok ke jalan Margawati. Letak pertigaannya tidak jauh dari perempatan antara jalan Ciledug, jalan Bratayudha, dan jalan tembusan ke Singaparna. Terus ikuti jalan Margawati dan di sepanjang jalan cukup banyak petunjuk arah menuju ke lokasi. Jika menggunakan kendaraan umum, bisa naik angkot jurusan Sukaregang atau Sukadana dari terminal Guntur, dan berhenti di pertigaan jalan Margawati. Kemudian dilanjutkan menggunakan ojek untuk sampai tujuan.



Gambar 7.5. Curug Karacak bagian dari kawasan wisata alam Karacak Valley, Garut, berada pada bentang Alam Lereng Gunung Api (*Proximal Zone*) dan disusun oleh material hasil erupsi Gunung Karacak berupa endapan lahar dan lava.

Sebagai destinasi wisata alam keluarga, Karacak Valley banyak dikunjungi wisatawan terutama pada hari Sabtu dan Minggu serta hari libur lainnya. Kebanyakan pengunjung yang hadir adalah para orang tua beserta anak dan saudaranya serta pasangan muda-mudi yang ingin menikmati sejuknya alam Gunung Karacak yang dihiasi hutan pinus. Selain sebagai tempat wisata keluarga, Karacak Valley juga menjadi tempat berkemah (*camping*) alternatif di wilayah tinggian Garut, seperti di kawasan Gunung Guntur, Gunung Papandayan, Gunung Cikuray, Gunung Talagabodas, dan gunung-gunung lainnya. Kelebihannya memiliki lokasi cukup strategis tidak jauh dari pusat Kota Garut sehingga cukup mudah dijangkau wisatawan dan dapat menampung hingga 500 orang bahkan lebih.

Geowisata di hutan pinus Karacak Valley bertujuan untuk mengenali dan memahami keragaman geologi, keragaman hayati, dan sesuatu yang unik di hutan sambil menikmati suasana alam yang indah dan asri. Keberadaan curug menjadi obyek keragaman geologi untuk dikenali dan dipahami cara terbentuk dan asal sumber



Gambar 7.6. Selain sebagai tempat wisata keluarga yang murah meriah, Karacak Valley juga bisa dijadikan tempat camping Alternatif di Tinggian Cekungan Garut.

airnya. Demikian juga keberadaan pohon pinus yang asri menjadi obyek pembelajaran keanekaragaman hayati, seperti mengamati cara keluarannya getah dari pohon pinus dan pengolahannya oleh perhutani.

Curug Karacak yang berada di antara hutan pinus ini memiliki ketinggian sekitar 10 meter, airnya tidak terlalu deras, dan dasar curug membentuk kolam kecil dan di atasnya terdapat jembatan yang banyak digunakan untuk pemotretan atau *selfie*. Posisi topografinya berada pada ketinggian 500 hingga 700 mdpl dengan kemiringan lereng mulai 8 hingga 25% sehingga suasana alamnya terasa asri dan sejuk. Air terjun ini berada pada pola aliran sungai anastomatik pada batuan hasil gunung api berupa lava dan breksi lahar hasil erupsi Gunung Karacak. Di sekitar air terjun berserakan pecahan endapan lahar yang berukuran lapili, kerikil hingga bongkah.

Untuk sampai di Curug Karacak harus ditempuh dengan berjalan kaki cukup jauh dan memiliki tanjakan. Setelah menyusuri jalan setapak, wisatawan akan tiba di sebuah pertigaan dan di sekitarnya terdapat petunjuk arah menuju lokasi perkemahan dan lokasi curug. Jika ingin menuju curug, ikuti petunjuknya dan bersiaplah berjalan sejauh kurang lebih 1 km yang dapat ditempuh sekitar 20 menit, karena jalurnya cenderung menanjak dan cukup menguras tenaga. Biasanya, rasa lelah akan lebih cepat hilang ketika tiba di curug, karena suasana alam yang asri dan sejuk akan membuat badan segar, bugar, dan pikiran tenang.

Perjalanan menuju Karacak Valley layak bagi yang hobi bersepeda karena akses jalan cukup baik dan jarak tempuhnya tidak terlalu jauh serta terdapat *track downhill* yang membuat penggemar sepeda sport antusias mencobanya ketika menuju Puncak Dogar. Puncak ini merupakan salah satu puncak asri di Karacak Valley yang banyak di buru para fotografer, karena memberikan pemandangan langsung yang jelas ke arah Kota Garut, terutama di pagi hari ketika kecerahan langit biru dan awan-awan putih terlihat seimbang dan harmonis. Lebih indah lagi bila menyempatkan berkemah untuk melihat panorama lampu-lampu (*citylights*) yang menghiasi Kota Garut di malam hari.

Pendakian ke Puncak Gunung Karacak

Pendakian ke Gunung Karacak (1.839 mdpl) dapat dilakukan melalui tiga jalur. Pertama adalah jalur yang berbatasan dengan Gunung Cikuray, dimulai dari Desa Cilawu atau Desa Sukanegla, Margawati (1.097 mdpl). Jalur Cilawu melalui Gunung Satria dan jalur Sukanegla melalui hutan pinus Lembah Karacak. *Basecamp* kedua jalur tersebut berada pada ketinggian yang sama, yaitu sekitar (1.100 mdpl).

Sebenarnya, Gunung Karacak belum menjadi salah satu tujuan pendakian seperti ke Gunung Cikuray, Gunung Papandayan, dan Gunung Guntur yang telah lama populer. Hal ini, mungkin ketinggian puncak Gunung Karacak tidak lebih tinggi dari gunung-gunung yang disebut di atas sehingga dianggap kurang menantang. Untuk mencapai puncak Gunung Karacak, para pendaki profesional hanya membutuhkan waktu sekitar 2 jam dan untuk kembali hanya butuh waktu 90 menit. Pendakian ke puncak-puncak Gunung Karacak dapat dikatakan cocok untuk para pendaki pemula atau sekedar menikmati suasana hutan untuk mendapatkan kesegaran, kebugaran, dan ketenangan batin.

Pendakian melalui jalur Sukanegla, diawali perjalanan dari pusat Kota Garut menuju *basecamp* atau titik kumpul yang dapat di tempuh sekitar 30 menit dengan mobil atau sepeda motor. Selanjutnya perjalanan pendakian dapat di mulai melalui jalan sempit pedesaan yang menanjak. Setelah melewati desa terdapat jalur lebar yang mengarah ke hutan pinus dan air terjun Karacak Valley. Di pintu masuk hutan yang di kenal sebagai Puncak Dogar (1.207 mdpl), para pendaki dapat menikmati pemandangan ke arah lembah Gunung Cikuray. Setelah itu perjalanan dilanjutkan memasuki kawasan hutan, jalurnya terus menanjak, tetapi tidak terlalu curam. Jalur ini cocok bagi pemula sebagai jalur pelatihan atau jalur pemanasan bagi pendaki senior sebelum melakukan pendakian ke gunung-gunung lainnya di Tinggian Garut.

Pendakian dari Pos 1 (1.425 mdpl) ke Pos 2 masih dimanjakan suasana hutan pinus, namun ketika berada di atas 1.500 mdpl hutan

pinus terlihat makin sedikit dibandingkan dengan hutan lebat dan semakin ke atas hutan lebat semakin mendominasi. Pada ketinggian 1.565 mdpl tepatnya sebelum Pos 2 akan bertemu dengan jalur pendakian Cilawu. Untuk Jalur Cilawu, Pos 2 ini dikenal sebagai Pos 5, pos yang memiliki shelter kayu dalam kondisi baik dan dapat digunakan beristirahat sebelum memulai pendakian pada jalur tanjakan yang lebih curam. Panorama di sebelah kiri Pos 5 adalah puncak Gunung Karacak, puncak yang menjadi tujuan akhir.

Pada ketinggian 1.786 mdpl terdapat Pos 6 versi Jalur Cilawu (1.666 mdpl) atau Pos 3 versi jalur Sukanegla. Jalur ini memiliki vegetasi yang masih berupa hutan dan jalannya terjal hingga sampai di punggung puncak (1.810 mdpl). Kemudian, ikuti jalan utama yang merupakan jalur menuju puncak dan bila menemukan plang berwarna kuning menandakan bahwa lokasi yang di pijak adalah puncak atau titik tertinggi yang dapat dijangkau (1.839 mdpl). Sebenarnya masih ada puncak-puncak lainnya yang lebih tinggi, namun belum seluruh puncak-puncak Gunung Karacak dieksplorasi untuk kegiatan pendakian maupun untuk kegiatan wisata alam.

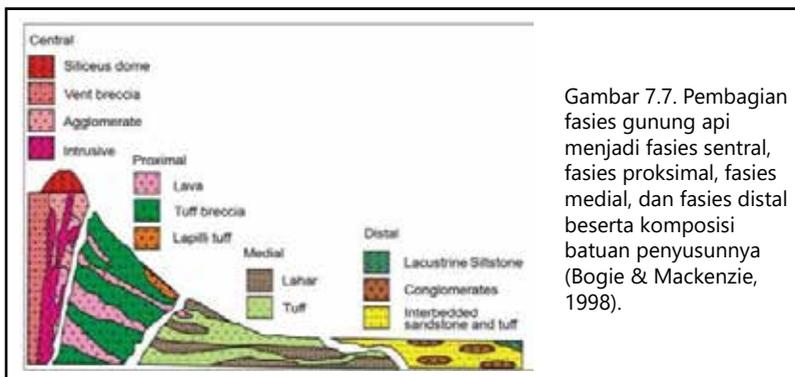
Pemandangan dari puncak Gunung Karacak arah kanan atau utara adalah panorama Gunung Guntur dan Gunung Mandalawangi yang terlihat gagah dan indah. Jika melanjutkan menelusuri jalur selama dua menit akan mencapai sudut pandang yang baik untuk memandangi Gunung Cikuray dan di sekitarnya banyak tanaman kantong semar yang agak langka di Pulau Jawa. Kemudian, jika berbelok ke arah kanan akan menemukan persimpangan yang merupakan jalur perburuan yang jarang dilewati orang dan jalur itu mengarah ke puncak timur pada ketinggian 1.832 mdpl. Pandangan nun jauh ke arah timur terlihat beberapa puncak di kompleks Gunung Karacak, di antaranya Puncak Gede (1.820 mdpl).

Keragaman Bentang Alam

Selama pendakian Ke Gunung Karacak dan Gunung Cikuray, selain menikmati suasana alam, juga dapat menyempatkan untuk menelaah fenomena alam sekitarnya. Berbekal catatan perjalanan

dan referensi yang dapat dikumpulkan, secara sederhana bentang alam kedua gunung ini dapat dibagi menjadi 4 satuan bentang alam, yaitu bentang alam puncak, bentang alam lereng gunung, bentang alam kaki gunung, dan bentang alam dataran di sekeliling gunung. Bila pembagian bentang alam kedua gunung ini mengacu pada pemahaman yang dikembangkan oleh Williams dan McBirney (1979) maka sebuah kerucut gunung api komposit dapat dikelompokkan menjadi 3 zone, yakni *Central Zone*, *Proximal Zone*, dan *Distal Zone*. *Central Zone* disetarakan dengan daerah puncak kerucut gunung api, *Proximal Zone* sebanding dengan daerah lereng gunung api, dan *Distal Zone* sama dengan daerah kaki serta dataran di sekeliling gunung api.

Dalam uraiannya, Williams dan McBirney (1979) juga menyebut zone sebagai *facies*, sehingga menjadi *Central Facies*, *Proximal Facies*, dan *Distal Facies*. Penyebutan *facies* ini menunjukkan informasi yang dideskripsi tidak sekedar bentang alam tetapi mengungkap pula jenis batuan penyusun dan struktur geologi yang berkembang. Pembagian *facies* gunung api juga dikembangkan oleh Vessel dan Davies (1981) serta Bogie dan Mackenzie (1998), dengan membaginya menjadi empat kelompok, yaitu *Central/Vent Facies*, *Proximal Facies*, *Medial Facies*, dan *Distal Facies* (Gambar 7.7). Hanya saja untuk mengetahui empat kelompok *facies* gunung api di suatu tempat atau kawasan, perlu diidentifikasi berdasarkan data: 1. indera dan geomorfologi,



Gambar 7.7. Pembagian *facies* gunung api menjadi *facies* sentral, *facies* proksimal, *facies* medial, dan *facies* distal beserta komposisi batuan penyusunnya (Bogie & Mackenzie, 1998).

2. stratigrafi batuan gunung api, 3. vulkanologi fisik, 4. struktur geologi, serta 5. petrologi-geokimia.

Berdasarkan pendekatan teoritis yang diimplementasikan melalui identifikasi langsung di lapangan, maka keragaman bentang alam wilayah Gunung Karacak-Cikuray dapat dikelompokkan menjadi empat kelompok sesuai klasifikasi Vessel dan Davies (1981), yaitu: 1) Bentang Alam Puncak Kerucut Gunung Api (*Central Zone*); 2) Bentang Alam Lereng Gunung Api (*Proximal Zone*); 3) Bentang Alam Kaki Gunung Api (*Medial Zone*); dan 4) Bentang Alam Dataran Gunung Api (*Distal Zone*). Pada Bentang Alam *Distal Zone* terbagi lagi menjadi beberapa satuan bentang alam sesuai kombinasi klasifikasi lereng dan relief (van Zuidam dan Cancelado, 1979) dengan klasifikasi Bentuk Muka Bumi (BMB) (Brahmantyo, B. dan Subandono, 2006). Kombinasi ini dapat dilakukan, karena kedua klasifikasi tersebut menitikberatkan pada proses-proses geologi baik eksogen maupun endogen. Untuk Gunung Karacak dan Gunung Cikuray proses eksogen lebih dominan dibandingkan dengan gunung-gunung lain yang ada di bagian lainnya di Cekungan Garut. Hal ini disebabkan posisi kedua gunung tersebut termasuk gunung api tua.

• ***Bentang Alam Pedataran Gunung Api (Distal Zone)***

Dalam pendakian menuju puncak gunung, baik Gunung Cikuray maupun Gunung Karacak, umumnya harus melewati Bentang Alam Dataran Gunung Api (*Distal Zone*) yang berada pada ketinggian 700-800 mdpl dengan kemiringan lerengnya tidak lebih dari 8%, disusun oleh batuan hasil gunung api dan aluvium, dengan pola aliran sungai anastomatik yang menginduk ke Sungai Cimanuk.

Pada awal pendakian, selain mengamati fenomena geologi, juga banyak dikenali fenomena biologi dan budaya, karena zona ini umumnya memiliki lahan yang sesuai untuk manusia hidup dan berkembang, seperti lahan datar bergelombang, tanah yang subur, lahan yang kokoh untuk bangunan, dan air yang melimpah, baik air permukaan maupun air tanah. Hal ini terbukti dengan adanya

berbagai keragaman budaya peninggalan masa kerajaan. Namun, dibalik daya dukung lingkungan itu, terdapat kerawanan geologi yang selalu mengintai seperti gempa bumi, gerakan tanah, banjir, dan bencana non geologi seperti kebakaran hutan.

• ***Bentang Alam Bergelombang Lemah - Kuat
Punggungan Aliran Lahar Cikuray***

Satuan ini tersebar di timur laut, memiliki ketinggian berkisar antara 500 hingga 700 mdpl. Di beberapa tempat dijumpai adanya bukit-bukit kecil yang tingginya tidak lebih dari 70 meter. Kemiringan lereng berkisar antara 8 hingga 25%. Pola aliran sungai yang berkembang berupa pola anastomatik pada endapan aluvial terutama di lembah-lembah dan pola aliran sejajar pada batuan hasil gunung api, baik di Gunung Karacak maupun di Gunung Cikuray. Secara morfogenesis satuan bentang alam ini terbentuk akibat aktivitas vulkanisme lama yang tersusun oleh litologi berupa endapan lahar berukuran kerikil-bongkah yang memperlihatkan proses pelapukan batuan stadia tua sehingga ketebalan tanah termasuk kategori tebal (> 5 meter) dan memiliki kerawanan gerakan tanah tinggi.



Gambar 7.8. Bentang alam bergelombang lemah- kuat punggungan aliran lahar gunungapi Karacak-Cikuray di sekitar Perkebunan Teh PTPN Dayeuh Manggung Garut

Penatagunaan lahan di wilayah bentang alam ini, umumnya terdiri atas pemukiman, persawahan, perkebunan, dan ladang, (Gambar 78). Kondisi seperti ini bagi para pendaki gunung dapat dikatakan sebagai ajang pemanasan atau releksasi. Apalagi selama perjalanan di zona ini masih sering bertegur sapa dengan masyarakat yang sedang bekerja di pesawahan dan perkebunan milik perorangan, perusahaan swasta maupun pemerintah.

Perkebunan yang terkenal di kaki Gunung Cikuray adalah perkebunan teh Dayeuh Manggung, yang merupakan kawasan peninggalan zaman Kolonial Belanda. Kini, di tempat ini terdapat balai pohon dan balai yang menyerupai perahu yang menjadi spot foto favorit bagi wisatawan. Selain itu, ada juga spot foto yang lebih ikonik, yaitu talang air peninggalan Belanda. Talang air atau jembatan saluran irigasi air ini memiliki panjang 200 meter dan masih berfungsi dengan baik.

• ***Bentang Alam Perbukitan Bergelombang Kuat- Perbukitan Punggungan Aliran Piroklastika Cikuray***

Secara morfometri bentang alam ini mempunyai kelerengan rata-rata 17% dengan beda tinggi rata-rata 60 meter. Sedangkan secara morfogenesis terbentuk akibat aktivitas vulkanisme yang menghasilkan litologi berupa breksi andesit porfiritik dan lava andesit porfirofanitik. Ciri-ciri daerah vulkanik ini terlihat dari pola kontur yang rapat dan pola aliran berupa subparalel. Di antara sungai-sungai yang berair sepanjang tahun itu tumbuh adalah pemukiman, persawahan, dan perkebunan, (Gambar 7.8).

Pada zona ini, kondisi lahan dan lingkungan relatif sama dengan bentang alam sebelumnya, sehingga para pendaki gunung masih memanfaatkannya untuk bersosialisasi dengan warga setempat yang selalu menyapa dengan penuh keramahan, sekaligus mengumpulkan berbagai informasi jalur pendakian yang berguna untuk kelancaran mencapai tujuan.

Salah satu hasil sosialisasi dengan masyarakat setempat, yaitu dikenalnya Kabuyutan Ciburuy, salah satu lokasi penyimpanan



Gambar 7.9. Bentang alam perbukitan bergelombang kuat dan perbukitan Punggungan kaki Piroklastik Cikuray di Desa Margalaksana, (Foto: Tika Sylvia, 2013).

naskah kuno yang ada di Kabupaten Garut. Situs Kabuyutan Ciburuy merupakan skriptorium naskah kuno (tempat kegiatan membuat naskah-naskah dan atau menyimpan naskah-naskah dari luar) Sunda yang terbesar dan terlengkap di Jawa Barat saat ini. Terbukti dengan banyaknya jumlah naskah sunda kuno yang disimpan di Kabuyutan.

Terdapat 27 kropak naskah yang terbilang masih baik. Pada masing-masing kropak umumnya berisi 20 lempir (lembar). Bila dijumlahkan terdapat sekitar 500 lempir dan belum tertransliterasi semua. Naskah kuno yang diberi nama “Amanat Galunggung” diduga ditulis sekitar abad ke-15. Terbuat dari daun lontar dan daun nipah. Teknik penulisan naskah kuno dengan cara ditoreh menggunakan pisau pangot, sebagian ditulis menggunakan getah pohon yang ada disekitarnya. Jadi para pendaki dan geowisatawan dapat mampir ke kabuyutan sebagai kegiatan wisata budaya.

Bentang Alam Kaki Gunung Api (Medial Zone)

• *Satuan Bergelombang Kuat-Perbukitan Punggungan Aliran Lava Gunung Cikuray*

Secara Morfometri bentang alam ini mempunyai ketinggian berkisar antara 500 hingga 1300 mdpl dengan kelerengan rata-rata 17% dan beda tinggi rata-rata 62 meter. Secara morfogenesis terbentuk akibat aktivitas vulkanisme yang menghasilkan litologi berupa lava andesit porfiroafanitik dan membentuk pola kontur



Gambar 7.10. Atas: Salah satu sudut pandang di Pos1 Pendakian dan kondisi lereng bukit di Gunung Cikuray yang merupakan bagian dari satuan bentang Alam kaki Gunung Api (*Proximal Zone*) dan memperlihatkan bentang alam Bergelombang Kuat-Perbukitan Punggungan Aliran Lava Gunung Cikuray



Gambar 7.11. Atas: salah satu sudut bentang alam bergelombang kuat dan punggung aliran lava yang di potrek dari perkebunan the Dayeuhmanggung ke arah timur, (Photo: @dre_andry).

Gambar kiri: memperlihatkan tonjolan bukit-bukit kecil dengan kemiringan lereng mencapai lebih dari 45% di sekitar kawasan wisata Karacak Valley.

merapat dan merenggang ke arah bawah, serta membentuk sungai dan anak sungai dengan pola aliran paralel.

Bila diamati pada pola kontur yang rapat itu banyak dijumpai tonjolan bukit-bukit kecil dengan kemiringan lereng mencapai lebih dari 45% dan diduga terbentuk akibat adanya sesar-sesar normal berarah relatif utara-selatan. Kenampakan ciri-ciri geologi di lapangan berupa sesar yang diduga sebagai sesar aktif, sehingga daya dukung lahannya dirasakan kurang stabil dengan sering terjadinya terjadi longsoran dan runtuhuan batuan.

Kondisi lingkungan pada zona ini relatif masih sama dengan di zona pedataran, hanya saja permukiman mulai jarang, lebih didominasi peladangan dan perkebunan rakyat. Sawah pun hanya ada di beberapa tempat dalam bentuk terasering sesuai keberadaan sumber air yang dibutuhkan untuk mengolah sawah. Semakin ke atas, vegetasi didominasi oleh perkebunan dan hutan produksi.

• **Satuan Perbukitan-Tersayat Kuat dan Punggungan Aliran Lava Gunung Karacak**

Dalam perjalanan pendakian, banyak hal yang dapat dipelajari selain fenomena geologi juga fenomena hayati sangat menarik dipelajari, apalagi mampu mengaitkan kedua fenomena alam tersebut. Secara umum, tata guna lahan di daerah ini merupakan peralihan antara bentang alam pedataran dan kaki gunung. Pemukiman, ladang, perkebunan semakin jarang, sementara hutan produksi dan hutan alam semakin mendominasi. Suasana pun mulai terasa sunyi, hanya suara hembusan angin sejuk yang diselingi irama suara burung dan hewan lainnya yang terdengar dengan harmoni yang menyegarkan jiwa.

Secara Morfometri, bentang alam ini berada pada ketinggian 700-hingga 1300 mdpl dengan kemiringan lereng antara 15 hingga 45% atau rata-rata 23% dan beda tinggi rata-rata 68 meter. Sedangkan secara morfogenesis terbentuk akibat aktivitas vulkanisme yang menghasilkan litologi berupa Lava andesit porfiroafanitik dan membentuk pola kontur rapat dan meranggang ke arah bawah. Pada lembah-lembah terbentuk sungai-sungai berpola aliran parallel dan sub paralel.

Sebagaimana bentang alam Gunung Cikuray, pada bentang alam Gunung Karacak pun banyak dijumpai tebing-tebing curam dan tonjolan bukit-bukit kecil nan runcing yang memanjang mengikuti pola sesar normal berarah relatif utara-selatan. Bukit-bukit runcing tersebut menandakan tahapan pembentukan bentang alam Gunung Karacak sudah pada stadia pedataran. Diduga, sesar-sesar yang berkembang sering aktif bila ada guncangan gempa bumi,

menyebabkan lahan kurang stabil, sehingga longsoran dan runtuhannya sering terjadi. Hal ini sering dijumpai ketika melakukan pendakian ke salah satu puncak Gunung Karacak.

Bentang Alam Lereng Gunung Api (Proximal Zone)

Sebelum memasuki zona bentang alam ini keindahan belum nampak, karena tipikal lahan di jalur ini umumnya ditutupi oleh hutan dengan pepohonan besar dan tinggi. View cantik yang dapat dinikmati, yaitu ketika sinar matahari menembus hutan, ranting, dan dedaunan, “Berkah Alam Yang Luar Biasa”. Suasana ini berubah ketika memasuki zona proksimal, medan pendakian yang tadinya jalan tanah dengan akar yang mencuat, kini berubah menjadi jalur berbatu besar hingga kerakal, dengan sudut elevasi yang cukup curam. Hanya saja pada zona ini pemandangan sakali-kali terlihat secara terbatas ketika pohon besar mulai terlihat jarang.

Morfometri pada bentang alam ini mempunyai kelerengan rata-rata 30% dan beda tinggi rata-rata 75 meter dan membentuk pola kontur rapat dan merenggak ke arah bawah serta membentuk pola aliran sungai radier. Secara morfogenesis bentang alam ini terbentuk



Gambar 7.12. Pesona Bentang alam Gunung Karacak yang memperlihatkan bentuk gunung yang memanjang dengan banyaknya bentang alam puncak dan lereng curam gunung api.

akibat aktivitas vulkanisme yang menghasilkan litologi berupa lava, tufa breksi, dan tufa lapili dengan tingkat pelapukan cukup tinggi, terlihat dari ketebalan tanah lebih dari 5 meter. Pada zona ini di duga adanya sesar normal dan di sepanjang jalur sesar tersebut terindikasi zona-zona longsor, runtuhuan batuan, dan sisa-sisa banjir bandang. Dengan gejala-gejala seperti itu, wajar kompleks Gunung Karacak dan Gunung Cikuray dikatagorikan sebagai gunung api tua, terlihat dari proses degredasi lahan yang sedang berlangsung, terutama disepanjang jalur sesar-sesar terindikasi sering terjadi erosi yang berlangsung aktif, gerakan tanah (longsor), runtuhuan batuan, dan sisa-sisa banjir bandang. Memang pada peta zona kerentanan geraklan tanah yang di susun Badan Geologi, daerah ini termasuk katagori sedang hingga sangat tinggi untuk terjadi gerakan tanah.

Tata guna lahan di daerah ini adalah hutan dan perkebunan, terutama perkebunan rakyat, sehingga dalam pendakian mulai jarang bertemu atau berpapasan dengan manusia dan sumber air pun mulai jarang ditemukan. Hal ini disebabkan lembah yang disusun oleh bebatuan vulkanik mulai jarang ditemukan sumber mata air kecuali turun ke lembah-lembah sempit masih dimungkinkan munculnya mata air-mata air kecil yang cukup untuk kebutuhan para pendaki mencapai puncak gunung.

Bentang Alam Puncak Kerucut Gunung Api (Central Zone)

Berada di puncak Gunung Cikuray memang menjadi idaman setiap pendaki gunung maupun para peneliti ilmu kebumian, tetapi tidak semua orang bisa mencapainya karena medan menuju puncak lumayan berat. Pendaki yang berada di posisi lebih di bawah harus berhati hati sebab bebatuan besar yang berada di tengah jalur pendakian bisa saja meluncur ke bawah tanpa ada pemberitahuan terlebih dahulu.

Secara Morfometri bentang alam ini mempunyai kelerengan rata-rata lebih dari 35% dan beda tinggi rata-rata 80 meter, sedangkan secara morfogenesis terbentuk akibat aktivitas vulkanisme yang



Gambar 7.13. Puncak Gunung Cikuray memiliki bentuk bentang alam stratovolcano yang unik dan menjadi idaman Pendaki gunung untuk mencapainya dan menyaksikan pesona alam Cekungan Garut yang menakjudkan.

menghasilkan litologi berupa pecahan-pecahan angglomerat, breksi, dan lava. Batuan besar yang berserakan di jalur pendakian terlihat tersemem oleh material piroklastik kasar sampai halus dan memiliki pola kontur sangat rapat dengan merenggang kearah bawah dengan pola aliran berupa paralel. Demikian pula nuansa pepohonannya mulai berbeda, terlihat di kiri dan kanan jalur pendakian semakin jarang dan langit biru tak lagi tertutup, sehingga hembusan angin dan usapan cahaya matahari membuat suasana terasa sejuk dan semangat untuk mencapai puncak semakin meningkat.

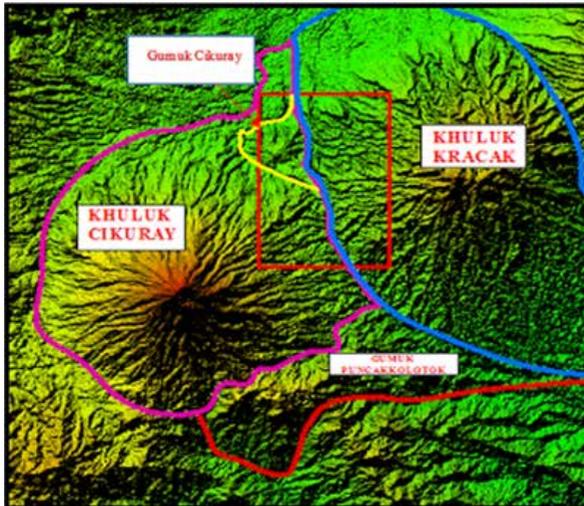
Ketika sampai di puncak gunung, semua beban terasa lepas dan kelelahan selama pendakian akhirnya terbayar lunas dengan keindahan luar biasa. Dari puncak itulah bentangan rangkaian pegunungan yang melingkari Cekungan Garut dan hamparan pedataran dengan titik tengah Kota Garut terlihat indah dan memesona. Apalagi ketika lautan awan menutupi Cekungan Garut, seolah puncak-puncak gunung melayang di atas awan. Rasa puas dan syukur yang mendalam atas perjuangan dan pencapaian ini telah mengajarkan tentang kerendahan hati untuk menjadi manusia terbaik melalui proses yang tidak mudah untuk bisa dilalui dan dicapainya.

Puncak Gunung Cikuray memiliki lahan cukup luas untuk membuka tenda hasil penataan yang dilakukan oleh pihak pengelola hutan, yaitu membagi beberapa area perkemahan secara terpisah. Walaupun sudah ditata, namun para pekemah harus berhati-hati dengan populasi babi hutan yang ada di sekitar puncak. Mereka biasanya tidak malu-malu mengobrak-abrik sisa-sisa makanan. Jadi tutuplah tenda dengan rapat agar aman setiap saat terutama pada malam hari dan lebih baik lagi tinggalkan sementara sampah sejauh mungkin dari tenda, idealnya tempat sampah di gantung di atas pohon dan jangan lupa ketika pulang sampah tersebut ikut di bawa, karena moto para pencinta alam adalah *“Jangan mengambil apapun selain gambar, jangan meninggalkan apapun selain jejak, Jangan membunuh apapun selain waktu.”*

Keragaman Batuan

Keragaman batuan di Kompleks Gunung Api Tua Karacak-Cikuray, didasarkan pada sumber, jenis batuan, dan urutan kejadian. Penamaan satuan dilakukan dengan mengacu pada satuan resmi vulkanostratigrafi Sandi Stratigrafi Indonesia (Soejono Martodjojo dan Djuhaeni, 1996), dengan menggunakan satuan dasar khuluk dan gumuk. Khuluk gunungapi merupakan satuan dasar pada pembagian vulkanostratigrafi, yang memiliki pengertian sebagai kumpulan batuan/endapan hasil dari satu atau lebih sumber erupsi, baik berupa sumber erupsi utama maupun erupsi samping (parasiter),

yang membentuk satu tubuh gunung api. Sedangkan gumuk gunung api merupakan bagian dari khuluk gunung api yang terdiri atas satu atau lebih batuan/endapan yang dihasilkan dari satu atau beberapa daur letusan gunung api. Sehingga, Kompleks Gunung Api Purba Karacak-Cikuray dapat dikelompokkan menjadi 2 Khuluk dan 2 Gumuk yaitu Gumuk Cikuray, Khuluk Cikuray, Khuluk Karacak, dan Gumuk Karacak (Gambar 7.14).



Gambar 7.14. Analisis tubuh gunung api dengan pendekatan citra Aster GDEM.

Khuluk Karacak

Khuluk Karacak adalah satuan gunung api tua yang berada di bagian timur tubuh gunung api meliputi Desa Margawati, Sukanegla, Cimuncang, Lebakagung, Tanjungsari, Godok, dan Sirnagalih. Satuan ini memiliki bentang alam perbukitan-tersayat kuat dan bergelombang kuat dengan pola aliran paralel dan subparalel. Pada Khuluk Karacak ini hanya dijumpai satu satuan litologi yaitu lava andesit masif aliran Karacak. Berdasarkan rekonstruksi dari penampang geologi yang ada pada Peta Geologi Gunung Api yang disusun oleh Arianto, (2018), tebal keseluruhan dari satuan ini diperkirakan mencapai ± 350 meter.

Gunung Karacak yang dikategorikan sebagai gunung api tua menunjukkan batuan andesit sebagai komponen utama telah mengalami tingkat pelapukan yang tinggi, sehingga menyulitkan mendapatkan singkapan yang segar dan batas kontak dengan satuan batuan lainnya. Beruntung, di kaki Gunung Cikuray banyak dijumpai air terjun, salah satunya adalah Curug Candung yang berada di selatan kawasan wisata Karacak Valley Valley. Curug ini berada di wilayah perbatasan antara Kabupaten Garut dan Kabupaten Tasikmalaya. Untuk sampai ke kawasan curug, pengunjung memiliki dua alternatif jalur yaitu: 1) jalur perkebunan pinus Citorek, jalur yang dapat dilalui kendaraan roda empat dan 2) Jalur Gerbang Patrol Cilawu, jalur yang digunakan masyarakat menuju Desa Sirnagalih, Kecamatan Cigalontong dan jalur ini hanya dapat dilalui kendaraan roda dua. Dari tempat parkir kendaraan, curug ini berjarak satu kilometer yang dapat di tempuh dengan berjalan kaki sekitar 20



Gambar 7.15. Curug Candung di Kaki Gunung Karacak adalah salah satu singkapan yang merepresentasikan satuan gunung api tua Gunung Karacak atau oleh Arianto (2018) disebut sebagai Khuluk Karacak.

menit. Hanya saja untuk sampai harus melewati tanjakan yang cukup menguras tenaga.

Kondisi fisik Curug Candung tidak terlalu tinggi dan airnya juga tidak terlalu deras dengan dasar curug membentuk kolam kecil dan di atasnya terdapat jembatan. Kini, curug ini telah difungsikan oleh pemerintah daerah sebagai kawasan wisata yang baru dibuka dan sedang dalam tahap pembangunan. Walaupun belum resmi di buka, tetapi sudah banyak pengunjung yang datang. Mungkin daya tariknya selain memiliki panorama yang indah, juga nama Curug Candung dimitoskan yang membuat wisatawan penasaran.

“Dayeuh Manggung itu dulunya sebuah kerajaan, dan di kerajaan tersebut terdapat dua putri yang dinikahi oleh satu raja, lalu dulu dua putri yang di nikahi oleh raja itu di sumpah dan sumpahnya itu menjelma menjadi air”

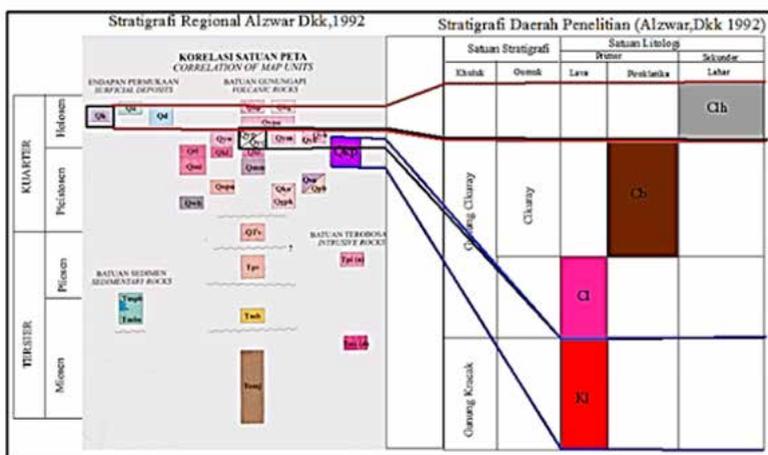
Dari sisi geologi, curug ini menjadi penting karena disekitarnya menampilkan singkapan batuan segar berupa lava, breksi, dan tuff, namun dibagian atas ketiga batuan ini terlihat sudah lapuk. Secara megaskopis pada batuan segar teridentifikasi berwarna abu-abu cerah, tekstur porfirofanitik dengan struktur massif, kemas tertutup, sortasi buruk, sementara pada batuan yang sudah lapuk teridentifikasi berwarna kecoklatan.

Ketiga batuan di atas oleh Arianto, (2018), dilakukan pengujian laboratorium dengan tujuan untuk mengetahui sifat fisik dan komposisi mineralnya pada skala mikroskopis. 1) batuan lava menunjukkan komposisi mineral piroksen 15%, kuarsa 15%, feldspar 35%, dan plagioklas 35%. Secara petrografis, komposisi ini dinamakan *andesite* (Streckeisen, 1976). 2) Batuan breksi berwarna abu-abu, struktur massif tekstur porfiritik dengan kemas tertutup, bentuk butir menyudut, ukuran >2mm, dan fragmen batuan memiliki komposisi plagioklas 30%, feldspar 30%, Hornblen 10% dan kuarsa 25% dengan nama petrografi *andesite* (Streckeisen,1976) dan untuk matriksnya berkomposisi litik 10%, gelas 35%, Kuarsa 20% dan feldspar 26%, dengan nama petrografi *Crystal Tuff* (Schmid,1981), 3) Tuf berwarna segar putih kekuningan warna lapuk

koklat, struktur perlapisan, kemas terbuka dengan sortasi yang baik berkomporsi litik 15%, feldspar 15%, kuarsa 10%, dan gelas vulkanik 60% dengan nama petrografi *Vitric Tuff* (Schmid, 1981).

Dari hasil kesebandingan dengan Peta Geologi Lembar Garut-Pameungpeuk, skala 1: 100.000, (Alzwar, dr., 1992) dapat diketahui bahwa Satuan Khuluk Karacak termasuk dalam Formasi Gunung api tua berumur Kuartar (Pleistosen Akhir) yang disebut Formasi Gunung Karacak-Puncak Gede (Qkp), (lihat Tabel 7.1). Sedangkan, lingkungan pengendapannya termasuk fasies proximal, hal ini dapat diamati secara langsung dilapangan. Secara geomorfologi menunjukkan adanya singkapan-singkapan lava hasil erupsi Gunung Karacak yang sebarannya mengarah timur-baratdaya membentuk satuan bentang alam Perbukitan-Tersayat Kuat dan Punggungan Aliran Lava Gunung Karacak. Menurut Sutikno Bronto, (2006), seorang ahli gunung api purba, *fasies proximal* merupakan ciri khas dari bentang alam kaki gunung api.

Tabel 7.1. Kesebandingan Kompleks Gunung Api Purba Karacak-Cikuray dengan satuan stratigrafi pada peta geologi regional lembar Garut-Pamaumpeuk, skala 1: 100.000 (Alzwar, dr., 1992).



Khuluk Cikuray

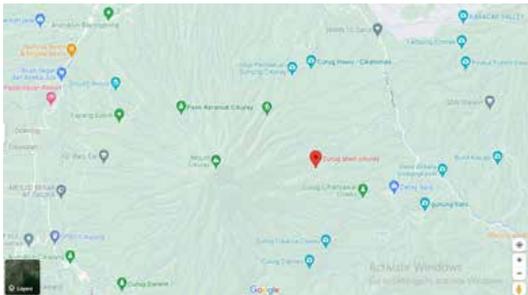
Khuluk Gunung Cikuray adalah satuan gunung api yang muncul di atas satuan batuan yang berada di bagian timur Kompleks Gunung Api Tua Karacak-Cikuray yang membentuk bentang alam perbukitan-tersayat kuat dengan pola aliran paralel. Hasil kesebandingan dengan stratigrafi regional pada Peta Geologi Lembar Garut-Pameumpeuk skala 1 : 100.000 (Alzwar, drr., 1992) dan hasil penelitian terdahulu, satuan Khuluk Cikuray ini termasuk pada Formasi Gunung api muda burumur Holosen, yaitu Gunung api muda (Gyc) dan terakhir yang berumur paling muda yaitu endapan lahar masuk dalam Formasi endapan Kolovium (Qk), (lihat Tabel 7.1).

Secara lebih rinci, satuan Khuluk Cikuray ini dapat dikelompokkan menjadi tiga satuan, yaitu: 1) Satuan Lava Andesit Porfiroafanitik Aliran Gunung Cikuray; 2) Satuan Breksi Kemas Terbuka Aliran Gunung Api Cikuray; dan 3) Satuan Endapan Lahar Gunung Cikuray.

Satuan Lava Andesit Porfiroafanitik Aliran Gunung Cikuray

Satuan ini tersebar di sebelah barat, tersusun oleh lava andesit porfiroafanitik aliran gunungapi Cikuray. Kondisi batuan pada satuan ini sudah mengalami pelapukan sehingga singkapan segar sangat jarang ditemui. Hal ini menyebabkan sulitnya mencari batas kontak dengan satuan yang lain. Satuan ini tersusun secara dominan oleh lava andesit porfiroafanitik, namun di beberapa tempat terdapat pula yang memiliki tekstur porfiritik. Berdasarkan rekonstruksi penampang geologi pada Peta Geologi Gunung Api yang disusun oleh Arianto, (2018), menunjukkan tebal satuan ini mencapai \pm 200 meter. Salah satu singkapannya berada di Curug Abeh, curug dengan ketinggian sekitar 10 meter yang menunjukkan aliran lava hasil erupsi Gunung Cikuray terlihat jelas, (lihat Gambar 7.16).

Curug yang indah ini telah menjadi obyek wisata alam yang memberi kenyamanan karena didukung kondisi vegetasi yang masih



Gambar 7.16. Andesit di Curug Aden yang berasal dari aliran lava Gunung Cikuray, berada di Desa Sukatani, Dayeuhmanggung, Kecamatan Cilawu, Kabupaten Garut.

asri dan terdapat kolam alami yang cukup luas. Banyak pengunjung yang mandi atau sekedar berendam untuk menikmati segarnya air pegunungan. Keberadaan lokasi ini masih tersembunyi dan belum dikelola secara resmi, hal ini disebabkan jalur dan fasilitas wisata belum tersedia dengan baik. Wajar saja bila pengunjungnya masih sedikit.

Litologi yang mendominasi pada satuan batuan ini adalah lava andesit porfiroafanitik. Secara megaskopis memiliki warna lapuk coklat, warna segar abu-abu kehitaman, memiliki tekstur porfiroafanitik, struktur *sheeting joint*, hingga masif.

Komposisi mineral batuanya yaitu plagioklas 35%, hornblenda 15 %, feldspar 45% dan opak 5 % secara petrografi batuan ini bernama *andesite* (Strerckeisen,1976).

Umur satuan lava andesit porfiroafanitik aliran gunung api Cikuray ini adalah Holosen, hal ini diketahui setelah dilakukan kesebandingan dengan stratigrafi regional pada Peta Geologi Lembar Garut-Pameumpeuk, skala 1: 100.000, (Alzwar, drr., 1992) dan hasil penelitian-penelitian terdahulu, (lihat Tabel 7.1). Sedangkan lingkungan pengendapannya termasuk fasies proximal sesuai hasil pengamatan lapangan dengan dijumpainya lava dari erupsi Gunung Cikuray yang alirannya melandai ke arah barat-timur laut.

Perjalanan menuju Curug Aden, dapat dimulai dari Kota Garut menuju Kecamatan Cilawu, tepatnya arah menuju Singaparna. Bila menggunakan angkutan umum dapat menumpang Angkot Jurusan Cilawu dan berhenti di tugu Dayeuhmanggung. Kemudian masuk ke kawasan perkebunan Dayeuhmanggung dapat menggunakan ojek hingga jalan terakhir dengan waktu tempuh kurang lebih lima belas menit. Dari tempat parkir, perjalanan dapat dilanjutkan dengan berjalan kaki selama kurang lebih setengah jam melalui jalan setapak berbatu dan melewati hutan pohon pinus.

Satuan Breksi Kemas Terbuka Aliran Gunungapi Cikuray

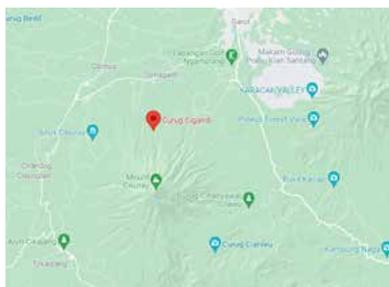
Satuan ini tersebar di sebelah utara dari kompleks pegunungan Karacak-Cikuray. Litologinya berupa breksi andesit dari Gunung Cikuray dan dijumpai pula lava pada beberapa lokasi terutama di sekitar kaki gunung. Kondisi batuan pada satuan ini umumnya sudah lapuk, sedikitnya singkapan segar menyebabkan sulitnya mencari batas kontak dengan satuan yang lain. Berdasarkan rekonstruksi dari penampang geologi yang ada pada Peta Geologi Gunung Api, menunjukkan tebal keseluruhan dari satuan ini mencapai ± 150 meter.

Secara megaskopis breksi-andesit yang ada di wilayah Gunung Cikuray terutama yang dijumpai di sekitar Curug Cigandi (Gambar 7.17), memiliki warna lapuk coklat, warna segar abu-abu, memiliki

tekstur porfiritik dengan dicirikan sortasi baik, kemas terbuka, struktur masif, bentuk butir menyudut tanggung dengan ukuran >2 mm. Fragmen pada satuan ini berkomposisi plagioklas 25%, feldspar 65%, *hornblend* 10% dan piroksen 5% dengan nama petrografi *andesite* (Streckeisen,1976).

Kesebandingan dengan stratigrafi regional pada Peta Geologi Lembar Garut-Pameungpeuk, skala 1: 100.000 (Alzwar, drr., 1992), satuan ini berumur Holosen (lihat Tabel 7.1). Sedangkan lingkungan pengendapannya termasuk fasies proksimal-intermediate dari Gunung api Cikuray dengan dijumpainya lava pada bentang alam landai berarah barat daya-timur laut.

Pada satuan batuan ini, secara terbatas masih bisa ditemukan sumber air, baik air permukaan maupun mata air. Air permukaan dapat diperoleh melalui sungai, hanya saja untuk menjangkanya para pendaki harus turun ke lembah-lembah curam dengan kehati-hatian yang tinggi karena medannya relatif rawan longsor. Dengan demikian, harapannya di sekitar jalur pendakian dapat ditemukan mata air atau rembesan pada rekahan-rekahan breksi, walaupun debitnya kecil tetapi untuk kebutuhan pendakian dirasa cukup memadai.



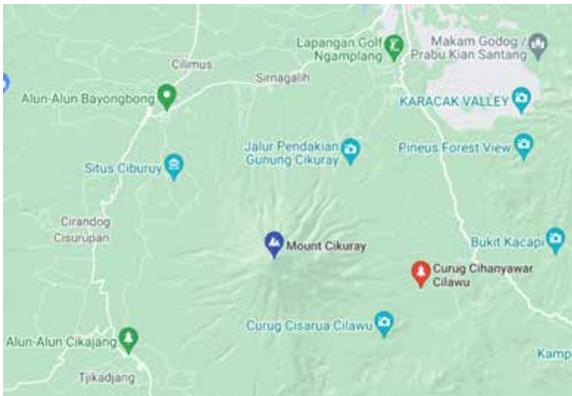
Gambar 7.17. Breksi andesit di Curug Cigandi yang berasal dari aliran lava Gunung Cikuray, berada di Kecamatan Bayongbong tepatnya 3 kilometer di atas Kampung Ciseupan. Curug ini sudah menjadi obyek wisata alam yang banyak dikunjungi.

Satuan Endapan Lahar Gunung Cikuray

Satuan ini berada di antara dua khuluk Cikuray, tersebar dari selatan ke utara dan berada pada ketinggian 900-1000 mdpl. Litologi yang dominan pada satuan ini berupa endapan lahar dengan komponen batuan berukuran kerikil hingga bongkah dengan bentuk berbeda-beda. Fragmen yang dijumpai berupa andesit berwarna abu-abu, struktur massif, dan tekstur afanitik. Berdasarkan rekonstruksi dari penampang geologi yang ada pada Peta Geologi Gunung Api menunjukkan tebal keseluruhan dari satuan ini diperkirakan mencapai ± 28 meter. Salah satu singkapan satuan endapan lahar ini dapat dijumpai di obyek wisata Curug Cihanyawar, Kecamatan Cilawu, Kabupaten Garut. Air terjun ini memiliki tinggi sekitar 16 meter dan berada di ketinggian sekitar 1.000 mdpl. Sumber air yang mengalir pada curug ini berasal dari mata air Gunung Cikuray dan Gunung Cipadaruun, (Gambar 7.18).

Menurut Arianto (2018), endapan lahar di sekitar Curug Cihanyawar, umumnya memiliki fragmen andesit yang secara megaskopis menunjukkan warna lapuk coklat, warna segar abu-abu kehitaman, memiliki tekstur afanitik, struktur masif. Bila diamati secara mikroskopis, andesit ini memiliki komposisi mineral berupa plagioklas 35%, feldspar 45%, dan hornblende 15% dengan nama petrografi sebagai *andesite* (Streckeisen, 1976). Umur batuan satuan ini adalah Holosen, hal ini diketahui setelah dilakukan kesebandingan dengan stratigrafi regional pada Peta Geologi Lembar Garut Pameungpeuk, skala 1: 100.000, (Alzwar, drr., 1992) (lihat Tabel 7.1). Sedangkan, lingkungan pengendapannya termasuk *fasies intermediate*. Hal ini didasarkan pada hasil pengamatan langsung di lapangan dengan dijumpainya lahar hasil dari erupsi gunung api yang membentuk Khuluk Cikuray.

Curug Cihanyawar memiliki panorama yang memesona di tengah hamparan kebun teh yang berudara sejuk sehingga cocok untuk kegiatan geowisata dan geofoto. Selain memotret keindahan curug dan keunikan batuan di sekitar curug, juga dapat memotret keanekaragaman flora seperti sebaran pohon kawung (*Arenga pinnata*), pinus (*Pinus merkusii*), dan mara (*Macaranga tanarius*),



Gambar 7.18. Endapan lahar dengan fragmen batu andesit yang melatarbelakangi Curug Cihanyawar merupakan bagian dari satuan endapan lahar Gunung Cikuray.

sedangkan keanekaragaman fauna berupa ular piton (*Phyton reticulatus*), babi hutan (*Sus scrofa*), tupai (*Callosciurus notatus*), musang (*Paradoxurus hermaphroditus*), dan aneka jenis burung.

Lokasi Curug Cihanyawar mudah dijangkau karena hanya berjarak sekitar 15 km dari pusat Kota Garut. Untuk mencapainya dapat menggunakan kendaraan pribadi atau angkutan kota rute terminal Guntur menuju wilayah Bojongloa dan dapat juga menggunakan alat transportasi lain seperti microbus ELF rute Garut-Singaparna. Setelah itu dilanjutkan dengan menggunakan ojeg dengan menelusuri jalan kecamatan dengan lebar 2,5 m yang

memiliki kualitas cukup baik. Sedangkan, fasilitas di kawasan curug terlihat masih minim, yang ada berupa 5 buah shelter yang berada 50 meter dari air terjun dan disekitarnya tersedia warung yang dikelola penduduk lokal. Jika pengunjung ingin bermalam dapat menginap di hotel yang ada di Desa Ngamplang.

Secara keruangan, lahan Curug Cihanyawar berada di dalam dua kawasan yang dikelola oleh PTP Nusantara VIII dan Masyarakat Desa Sukamurni. Walaupun lokasinya berada di dua pengelola, tetapi secara aktual berada dalam pengawasan PTP Nusantara VIII Dayeuh Manggung.

KARAH TALAGABODAS

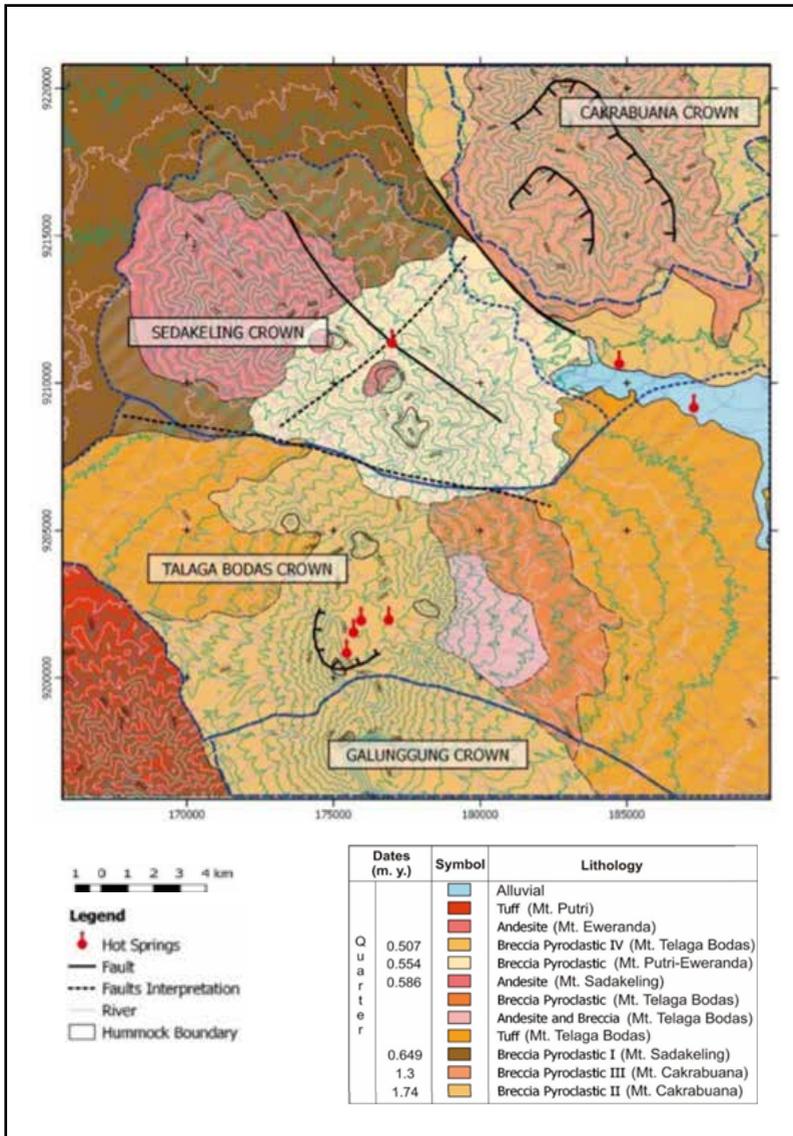
Real Estate Gunung Api
di Timur Cekungan Garut

Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas yang terletak di timur tinggian Cekungan Garut, terbentuk setelah mengalami 5 fase pembentukan, diawali terbangunnya kaldera-kaldera yang diikuti beberapa kali erupsi baik terpusat maupun di tepian kaldera. Pembentukannya dipengaruhi struktur sesar utama berarah utara-selatan, sehingga dijumpai tubuh-tubuh batuan terobosan yang dikontrol oleh munculnya intrusi dioritik. Kini, seolah hadir berdiri sendiri membentuk Kompleks Talagabodas dan Kompleks Karahabodas. Talagabodas berasal dari kata talaga yang memiliki arti danau dan bodas artinya "putih", jadi kata "Talaga-Bodas" memiliki makna "Danau berwarna Putih". Sedangkan, Karahabodas berasal dari kata karaha yang memiliki arti "karat", jadi, kata "Karahabodas" memiliki makna "karat pada batuan berwarna putih". Pemanfaatan sumber daya geologi pada kedua kompleks ini, selain untuk Pengangkit Listrik Tenaga Panasbumi (PLTP), juga sebagai obyek geowisata. Geowisata Kompleks Talagabodas mengandalkan keunikan dan keindahan bentang alam danau kawah, manifestas solfatar, air kawah, dan air panas. Sedangkan Geowisata Gunung Karahabodas mengandalkan keunikan dan keindahan bentang alam kawah, manifestasi lumpur panas, fumarol, solfatar dan kegiatan PLTP.

Gambaran umum fenomena geologi Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas dapat mengacu pada hasil interpretasi Ganda, drr., (1985) dan Egi, drr., (2001) yang menunjukkan bahwa kompleks pegunungan ini ditutupi oleh puing-puing vulkanik Kuartar yang tebalnya sekitar 100m. Beberapa sedimen danau berwarna gelap juga teridentifikasi batuan data pemboran berupa formasi batuan berumur sekitar 6000 tahun (Moore, 2001). Intrusi kuarsa diorit terdapat di bagian tengah dan utara lapangan pada ketinggian sekitar 1 km di bawah permukaan laut. Intrusi ini bersama dengan ruang magmatik lain di bawah Gunung Galunggung yang diyakini menyediakan sumber panas bumi. Pada bidang ini dicirikan oleh punggung gunung berapi utara-selatan yang menonjol terdiri atas beberapa puncak gunung api. Pada elevasi yang lebih rendah ditemukan endapan sedimen.

Fenomena geologi yang diinterpretasikan di atas telah membentuk keragaman geologi dan diantaranya menunjukkan keragaman batuan, keragaman bentang alam, dan keragaman proses geologi.

Berdasarkan posisi stratigrafi (Gambar 8.1), keragaman batuan di Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas merupakan produk vulkanik kuartar, berturut-turut dari yang tertua hingga termuda adalah breksi piroklastik II (Gunung Cakrabuana), breksi piroklastik III (Gunung Cakrabuana), breksi piroklastik I (Gunung Sadakeling), tuf (Gunung Talagabodas), andesit dan breksi (Gunung Talagabodas), breksi piroklastik (Gunung Talagabodas), andesit (Gunung Sadakeling), breksi piroklastik (Gunung Putri-Eweranda), breksi piroklastik IV (Gunung Talagabodas), andesit (Gunung Eweranda), tuff (Gunung Putri), dan aluvial. Walaupun, gunung-gunung tersebut berumur Kuartar, namun, di dibandingkan dengan gunung-gunung yang ada di sebelah barat Cekungan Garut seperti Gunung Guntur, Gunung Papandayan, dan lain sebagainya, maka Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas dapat dikategorikan sebagai gunung api tua, hanya Gunung Talagabodas yang dikategorikan sebagai gunung api muda dan itu pun masuk tipe B (PVMBG, Badan Geologi), artinya sudah lebih dari 200 tahun tidak



Gambar 8.1. Peta Geologi Karaha-Talagabodas, (Irada A, dr., 2017)

mengalam erupsi.

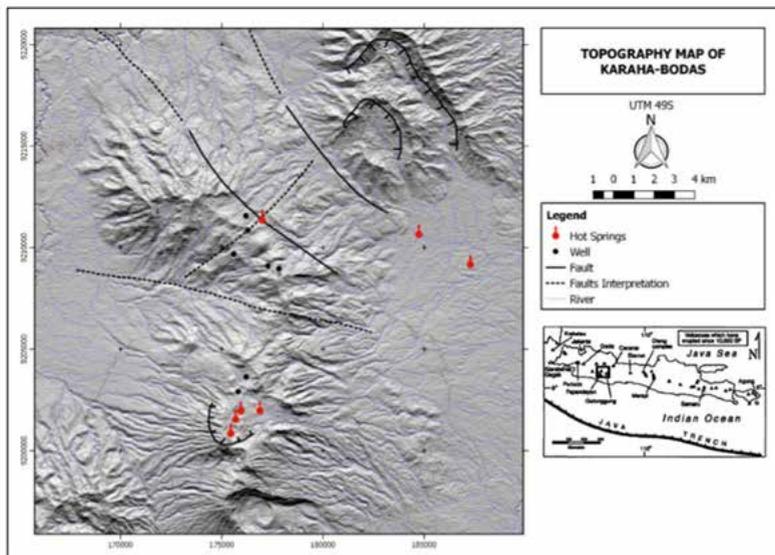
Dengan demikian, keadaan geologi seperti diperlihatkan gambar 8.1 menunjukkan bahwa kompleks pegunungan Karaha-Talagabodas didominasi oleh batuan hasil kegiatan gunung api Kuartar. Umumnya batuan tersebut masih memperlihatkan kenampakan kerucut yang disusun oleh lava andesit-dasit, piroklastik (tuff), dan lava klastik. Urutan batuan ini secara setempat diterobos oleh tubuh intrusi diorit yang menutupi kompleks batuan sedimen. Aktivitas vulkanik terus berlangsung hingga saat ini dan terekspresikan di Kompleks Karahabodas dalam bentuk kerucut vulkanik berarah barat laut-tenggara dengan usia sekitar 0,5 juta tahun yang lalu. Di bagian selatan, aktivitas vulkanik Komplek Gunung Talagabodas menunjukkan adanya kubah utara-selatan andesit-dasit dan kawah berumur 0,3 juta tahun. Kehadiran Gunung Galunggung yang lebih muda di bagian lebih selatan lagi mencerminkan bahwa migrasi vulkanik bergerak dari utara ke selatan.

Dari peta geologi (Gambar 8.1), dapat ditafsirkan pula bahwa pembentukan gunung api di wilayah Pegunungan Karaha-Talagabodas di mulai dari bagian utara, yaitu dengan terbentuknya Gunung Api Tua Sadakeling pada zaman Pleistosen yang disusun oleh breksi gunung api, breksi aliran, tufa, dan lava andesit-basal. Secara geokimia, batuan lava Gunung Karaha terbentuk pada lingkungan kalk alkalin (Al Kausar, drr., 2016). Sedangkan bagian selatan merupakan gunung api muda yang diperkirakan berasal dari Gunung Talagabodas dan kerucut parasitik berumur Kuartar sekitar Pleistosen Akhir sampai Holosen, (Budhitrisna, 1986). Batuan lava hadir dari jenis andesit piroksen hingga piroksen andesit basaltik (Irianto, drr., 2000), andesit piroksen, andesit basaltik, dan basal (Al Kausar, drr., 2016). Secara geokimia batuan lava Kompleks Gunung Talagabodas dikelompokan sebagai andesit basaltik sampai andesit (Irianto, drr., 2000), atau basal, andesit basaltik dan andesit (Al Kausar, drr., 2016). Analisis geokimia menunjukkan bahwa batuan Gunung Talagabodas terbentuk dalam lingkungan toleitik (Al Kausar, drr., 2016) dan atau kalk alkalin (Irianto, drr., 2000). Bukti dari indeks penanggalan radiometrik dari sistem permukaan batuan

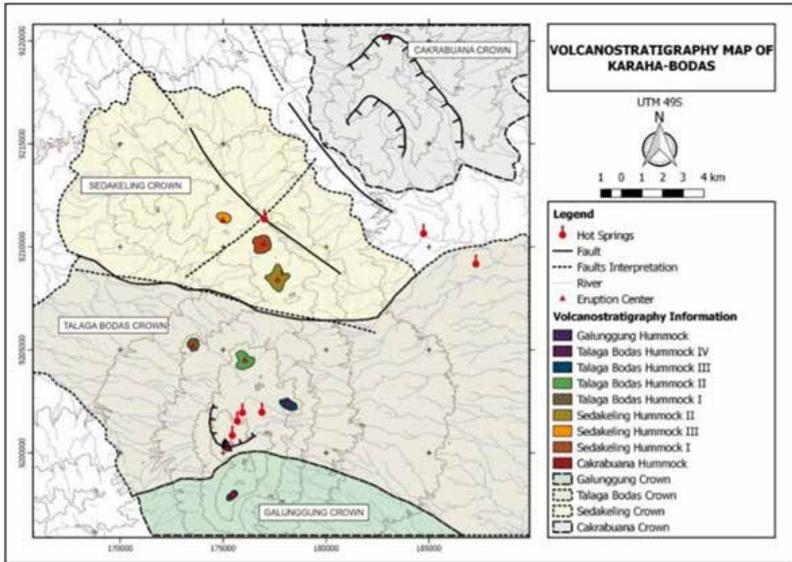
menunjukkan kisaran antara 1,75 dan 0,32 m.y., dengan penanggalan termuda berada di daerah Talagabodas, (Allis, drr., 2000).

Keragaman Bentang Alam

Keragaman bentang alam pada Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas diperoleh dari hasil interpretasi informasi yang terkandung dalam peta topografi seperti terlihat pada Gambar 8.2 dan peta Volcanostratigrafi (Gambar 8.3). Berdasarkan kedua peta tersebut, secara umum keragaman bentang alam pada Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas dapat dikelompokkan menjadi empat satuan mahkota (crown) gunung api dan sembilan satuan bukit kecil (hummock). Empat keragaman bentang alam mahkota tersebut adalah Cakrabuana, Sedakeling, Talagabodas, dan Galunggung. Sedangkan, keragaman bentang alam berupa sembilan bukit kecil adalah Cakrabuana, Sedakeling I, Sedakeling II, Sedakeling III, Talagabodas I, Talagabodas II, Talagabodas III, Talagabodas IV, dan Galunggung.



Gambar 8.2. Model elevasi digital Karaha-Talagabodas. (Sumber: Grandy, drr., 2008).



Gambar 8.3. Peta Volcanostratigrafi Karaha-Talagabodas, Garut. (Sumber: Grandy, dr., 2008)

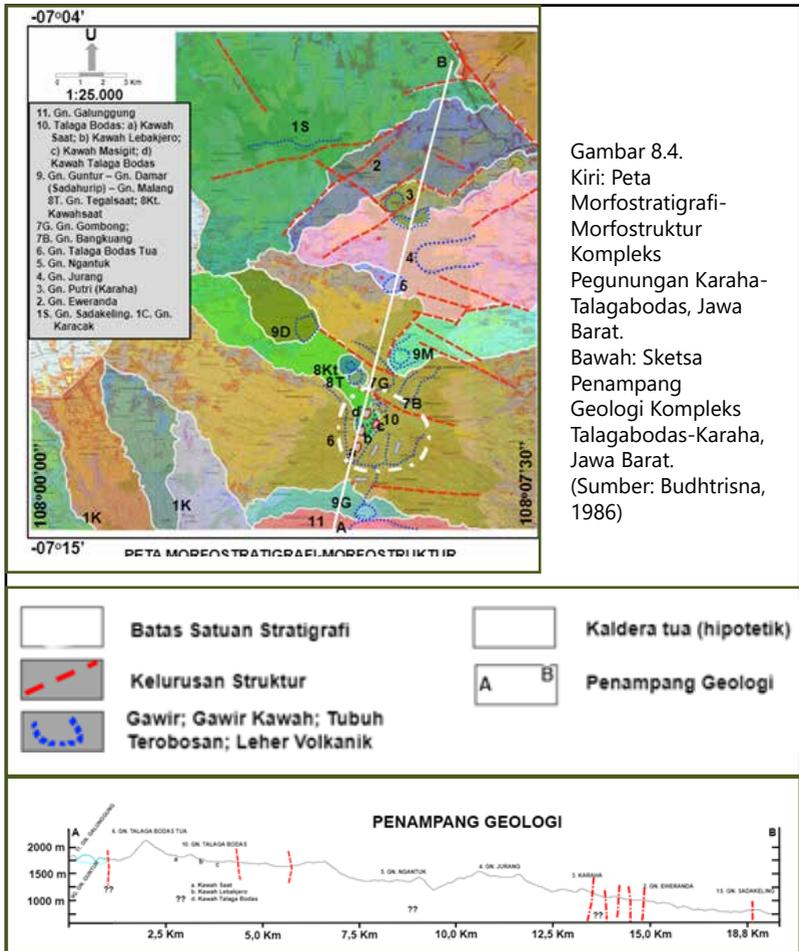
Irada A, dr., (2017) mencoba mendetailkan keadaan geomorfologi wilayah Karaha-Talagabodas melalui peta morfostratigrafi, yaitu peta hasil tumpang susun peta geologi (Gambar 8.1) dengan peta volcanostratigraphy (Gambar 8.3). Hasil penafsirannya menunjukkan Mahkota Cakrabuana memiliki satuan stratigrafi berupa breksi piroklastik (Gunung Cakrabuana). Mahkota Sedakeling memiliki satuan stratigrafi andesit (Gunung Eweranda), breksi piroklastik (Gunung Putri-Eweranda) dan andesit (Gunung Sadakeling). Mahkota Talagabodas memiliki satuan stratigrafi berupa breksi piroklastik IV (Gunung Telagabodas), breksi piroklastik (Gunung Telagabodas), andesit dan breksi (Gunung Telagabodas), serta tufa (Gunung Telagabodas). Mahkota Galunggung memiliki satuan stratigrafi breksi piroklastik IV (Gunung Telagabodas). Penentuan Mahkota Galunggung dengan satuan stratigrafi breksi piroklastik IV (Gunung Telagabodas) didasarkan pada kontur dan pola topografi yang cenderung mencerminkan ventilasi berarah tenggara.

Keragaman Proses Geologi

Untuk mengenali keragaman proses atau evolusi geologi di wilayah Karaha-Talagabodas dapat mengacu pada hasil pemetaan morfostratigrafi dan morfostruktur, masing-masing dilakukan oleh Irada A, drr., (2017) dan Budhtrisna, drr., (1986). Hasilnya menunjukkan pada Mahkota Gunung Talagabodas (Gambar 8.4) terdapat beberapa perbukitan terisolir seperti Gunung Putri, Gunung Sadahurip, Gunung Ngantuk, Gunung Malang, Gunung Gombang dan Gunung Tegalsaat. Bentuk-bentuk bentang alam tersebut diperkirakan sebagai batuan terobosan atau juga sisa tubuh vulkanik seperti Leher Vulkanik. Bentuk bentang alam khas lainnya adalah dinding kawah yang umumnya tersayat dan terbuka ke arah timurlaut-timur atau ke baratlaut dan barat daya.

Khusus Gunung Talagabodas, dinding kawah umumnya tersayat dan terbuka ke arah utara-timurlaut, kecuali Gunung Galunggung yang kawahnya terbuka ke arah tenggara. Sedangkan, morfostratigrafi-morfostruktur kompleks Gunung Karahabodas dimulai dengan terbentuknya endapan Kuartar Tua (Budhtrisna, 1986) berupa hasil erupsi Kompleks Gunung Sadakeling di utara (Gambar 8.4; 1S) dan hasil erupsi Gunung Karacak di selatan-baratdaya (Gambar 8.4; 1K). Hasil erupsi kompleks Gunung Sadakeling dapat dipisahkan menjadi hasil Gunung Eweranda, Gunung Putri atau Gunung Karaha, dan Gunung Jurang (Gambar 8.4; no. 2, 3 dan 4) dan kemungkinan kompleks Gunung api tersebut berada di atas Gunung Ngantuk (Gambar 8.4; no. 5).

Penampang geologi A-B (Gambar 8.4 bawah) memperlihatkan gambaran distribusi hasil vulkanisme pada Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas. Dari penampang tersebut dapat diberikan gambaran sebaran hasil vulkanisme pembentuk Kompleks Talagabodas (Kuartar Muda) berbeda dengan Kompleks Karahabodas yang merupakan hasil dari vulkanisme Kuartar Tua. Kompleks Talagabodas terbentuk melalui pembentukan suatu kaldera dengan beberapa kali erupsi baik terpusat atau erupsi pada tepian kaldera tua.



Gambar 8.4. Kiri: Peta Morfostratigrafi-Morfostruktur Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas, Jawa Barat. Bawah: Sketsa Penampang Geologi Kompleks Talagabodas-Karah, Jawa Barat. (Sumber: Budhtrisna, 1986)

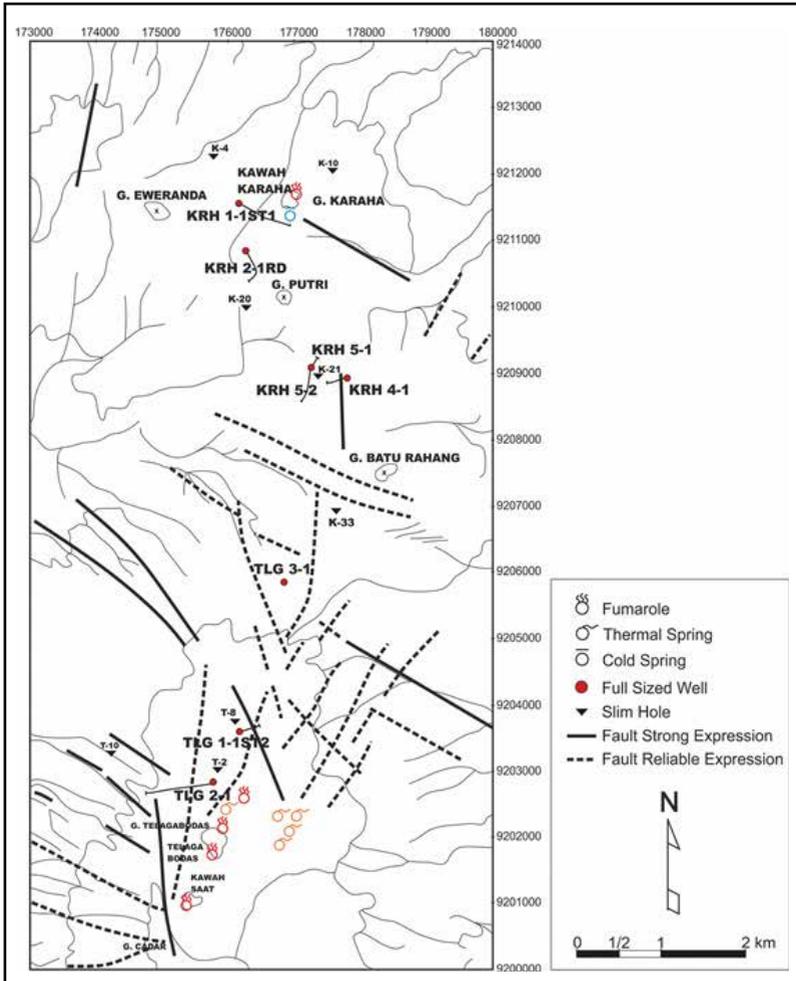
Kini, keadaan bentang alam Mahkota (*crow*) Talagabodas menunjukkan banyak sisa kawah tersobek terbuka ke arah utara-timurlaut. Pembentukannya diawali melalui erupsi besar yang membentuk kaldera besar dengan diameter 4,5 Km (Mulyana, 2000; dalam Haerani, 2004 dan Bahtiar, 2013) membentuk Gunung Talagabodas Tua (Gambar 8.4; no. 6; garis hipotetik). Beberapa ledakan di dalam kaldera atau pada tepi kaldera membentuk

lembah-lembah terbuka ke arah timurlaut (tanda panah). Di luar lingkaran hipotetik kaldera teramati juga bentuk-bentuk sisa kawah parasit antara lain Gunung Bangkuang (Gambar 8.4; no. 7B) dengan bukaan tebing kawah ke arah timurlaut dan Gunung Gombang dengan bukaan tebing kawah ke arah baratlaut (Gambar 8.4; no. 7B). Gunung Tegalsaat dan kawah Telagasaat (Gambar 8.4; no. 8T dan 8Kt) diperkirakan merupakan kerucut parasit tidak aktif yang muncul di utara kawah Talagabodas. Gunung Damar atau Sadakeling kemungkinan berupa kerucut parasit yang muncul di sisi baratlaut pasca ledakan besar (Gambar 8.4; no. 9D) bersamaan dengan munculnya kegiatan di selatan yaitu Gunung Guntur (Gambar 8.4; no. 9G) dan Gunung Malang (Gambar 8.4; no. 9M). Pada bagian inti kawah Talagabodas, dijumpai empat buah kawah yang di duga dikontrol oleh pergeseran pusat letusan ke arah utara. Kawah-kawah tersebut adalah a) Kawah Saat; b) Kawah Lebakjero; c) Kawah Masigit dan d) Kawah Talagabodas dengan air kawah berwarna putih susu (Gambar 8.4; a, b, c dan d). Hasil gunung Talagabodas Muda diendapkan ke arah baratlaut menutupi hasil gunungapi parasit atau tubuh intrusi.

Berdasarkan berbagai pendekatan analisis yang dilakukan beberapa ahli di atas, maka proses geologi gunung api yang berkembang menunjukkan kerumitan, hal ini disebabkan terjadinya beberapa kali erupsi seperti dijelaskan Mulyana (2000; dalam Haerani, 2004; dan Bahtiar, 2013). Namun demikian pola struktur geologi di Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas secara umum dapat ditafsirkan berarah baratlaut-tenggara, timurlaut-baratdaya, melewati kawah Karaha, sedangkan struktur yang diperkirakan berarah barat-baratdaya dan timur-tenggara terletak di antara Kompleks Karahabodas dan Kompleks Talagabodas. Secara lebih spesifik, kelurusan struktur geologi dipetakan berdasarkan penafsiran citra DEM dan peta topografi/RBI, (Geothermex, 1998) seperti terlihat pada Gambar 8.5.

Pada Gambar 8.5 di atas teramati bahwa kelurusan struktur pada kompleks gunungapi Kuartir Tua (Gunung Sadakeling) berupa kelurusan gawir, punggung atau lembah yang didominasi oleh

kelurusan berarah baratdaya-timurlaut yang di beberapa tempat di potong oleh kelurusan struktur berarah baratlaut-tenggara. Sedangkan pada Kompleks Talagabodas atau hasil gunung api Kuarter Muda lainnya menunjukkan, kelurusan lembah atau



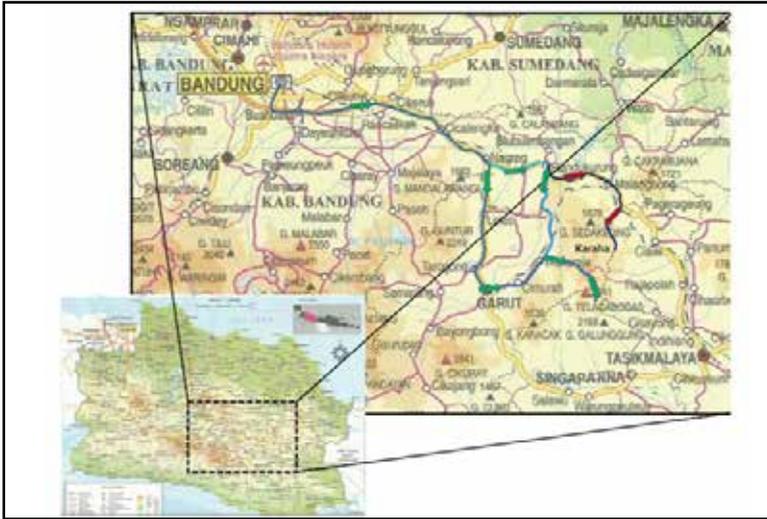
Gambar 8.5. Peta sebaran patahan di Komplek Pegunungan Karaha-Talagabodas (Geothermex 1998)

punggungan yang umumnya berarah baratlaut-tenggara. Selain itu, beberapa menunjukkan arah baratdaya-timur laut dan di antara Gunung Talagabodas dan Gunung Eweranda terdapat kelurusan yang cukup panjang hingga wilayah Tarogong Garut berarah tenggara-baratdaya, yang merupakan batas tegas antara produk aliran lava kedua gunung api tersebut, hanya saja blok bagian selatan relatif turun terhadap blok bagian utara.

Dari Gambar 8.5 pun teramati kelurusan yang terdapat di sebelah barat Gunung Talagabodas berarah tenggara-baratlaut memotong kelurusan di sebelah utara Gunung Talagabodas. Kelurusan-kelurusan ini diduga sesar tua yang tertutup produk erupsi Gunung Eweranda dan Gunung Talagabodas. Kawah Gunung Talagabodas membuka kearah tenggara dan baratlaut, pada bukaan ke arah baratlaut tumbuh Gunung Sadahurip dan Gunung Talagasaat. Bukaan ini ditafsirkan sebagai zona lemah yang dikontrol oleh sesar besar bawah permukaan. Sementara, menurut Fauzi, dr., (2015) pada struktur geologi regional Jawa Barat, antara kenampakan di permukaan dengan struktur bawah permukaan yang didasarkan pada peta anomali Bouguer regional menunjukkan adanya perbedaan arah, yaitu arah dominan struktur regional permukaan berarah Utara-Selatan dan Timurlaut-Baratdaya, sedangkan arah dominan struktur bawah permukaan adalah Baratlaut-Tenggara dan Baratlaut-Tenggara. Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas itu sendiri berada pada sebuah punggungan yang berarah hampir utara selatan, tegak lurus dengan arah tegasan utama minimum modern (N98E) yang dikemukakan oleh (Nemčok et al., 2001).

Geowisata Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas

Untuk sampai di Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas dapat di tempuh dari Bandung menuju Garut, kemudian dilanjut ke arah Wanaraja. Jalur lain dari Bandung dapat melalui Nagreg-Wanaraja. Dari pasar Wanaraja berbelok ke arah timur sejauh 20 Km menuju kawasan wisata Talagabodas, (Gambar 8.6). Kemudian untuk



Gambar 8.6. Peta menuju Kompleks Karaha-Talagabodas (sumber peta:Chaldun, A. 2003).

mencapai kawasan panasbumi Karaha dapat ditempuh melalui jalur Bandung-Malangbong-Patrol. Dari Patrol berbelok ke arah baratdaya menuju Kalapanunggal, Desa Kadipaten, Tasikmalaya. Jika membawa kendaraan sendiri, pastikan kondisi kendaraan dalam keadaan fit, karena kondisi jalan menuju kawah umumnya belum sepenuhnya baik, apalagi dalam musim hujan. Jarak dari parkir ke lokasi kawah sekitar 700 meter sehingga pastikan membeli makanan dan minuman ringan di tempat parkir untuk camilan atau bila haus. Dari tempat parkir menuju kawah dapat berjalan kaki atau menggunakan ojek motor. Bila memutuskan menggunakan ojek, sepakati harga transaksinya agar tidak menjadi masalah ketika membayar.

Geowisata Kompleks Talagabodas

Kompleks Talagabodas adalah kumpulan gunung-gunung berapi yang berada pada Mahkota Talagabodas. Terletak di Kabupaten Garut dan Kabupaten Tasikmalaya, meliputi wilayah Kecamatan Pangatikan, Kecamatan Karangtengah (Kabupaten Garut) serta

Kecamatan Kadipaten dan Kecamatan Ciawi di Kabupaten Tasikmalaya.

Kompleks Gunung Talagabodas dicirikan oleh bentang alam multi kawah yang terbuka ke utara atau timurlaut, sedangkan pada bagian inti Talagabodas dicirikan oleh pergeseran lubang letusan ke arah utara dengan bentuk kerucut gunung api yang sudah tersayat bahkan robek.. Sedangkan keunikan bentang alam pada Kompleks Talagabodas termanifestasikan pada keberadaan Gunung Talagabodas (1.999 mdpl), gunung yang dikategorikan sebagai gunung stratovolcano dengan bentuk kaldera masih terlihat jelas membuka ke arah tenggara-barat dari kaki Gunung Talagabodas dan membentuk punggung yang melandai ke arah barat laut, dengan kelerengan 10° hingga 25° . Pada tubuhnya terdapat alur-alur air halus membentuk pola subradial dan di dalamnya tumbuh Gunung Sadahurip dan Gunung Talagasaat. Sedangkan secara spesifik di bagian barat laut dicirikan oleh tekstur sedang sampai halus pada punggung dan lembah-lembah berarah barat laut-tenggara relatif terjal dan sempit membentuk pola aliran sub-dendritik dengan vegetasi penutup berupa tanaman palawija.

Batuan penyusun kompleks Gunung Talagabodas berupa lava dan endapan piroklastika. Pada bagian ini hadir tubuh Gunung Damar atau dikenal sebagai Sadahurip yang memiliki tekstur sedang-halus membentuk bentang alam punggung dan lembah berarah barat laut. Di sisi barat dan timur dicirikan oleh tekstur kasar pada bentang alam punggung dan lembah-lembah berarah barat-timur. Pada bagian paling utara hadir bentang alam tubuh Gunung Malang dengan tektur sedang berupa bukit dan lembah memanjang ke arah timurlaut. Kompleks Talagabodas dicirikan oleh bentuk bentang alam multi kawah yang terbuka ke utara atau timurlaut, sedangkan pada bagian inti Talagabodas dicirikan oleh pergeseran lubang letusan ke arah utara dengan bentuk kerucut gunung api yang sudah tersayat bahkan robek.

Keunikan bentang alam lainnya menjadi potensi geowisata utama di Kompleks Gunung Talagabodas adalah danau kawah yang disekitarnya terdapat aktivitas fumarol, kolam lumpur, solfatara,

air kawah, dan mata air panas yang bersifat asam. Danau Kawah ini dikelilingi dinding kawah tua, diantaranya adalah Gunung Lebakjero (1.884 mdpl), Gunung Tadar (2.211 mdpl), dan Gunung Piit (2.096 mdpl). Bukaan kawah berarah tenggara-baratlaut dari kaki Gunung Talagabodas membentuk punggung yang melandai ke arah baratlaut dengan kelerengan 10⁰ hingga 25⁰.

Danau Kawah Talagabodas terlihat indah memesona dari Puncak Sagara yang berada pada ketinggian 2.171 mdpl. Untuk menikmati fenomena alam ini, pengelola kawasan telah mengantisipasi bahaya yang mungkin terjadi kepada pengunjung dengan menyediakan pagar kayu yang cukup kokoh, sehingga dapat mencegah pejalan kaki jatuh dari tepi yang merupakan dinding dari kawah danau berwarna biru kehijauan. Selain itu, terlihat juga kawah kering bernama Kawah Saat yang memiliki keunikan aliran lava dan endapan jatuhnya piroklastika yang jelas. Hal ini tentunya menyenangkan bagi para geowisatawan sebagai pembelajaran dan menambah wawasan pengetahuan kegunungapian.

Batuan penyusun Kompleks Gunung Talagabodas berasal dari hasil erupsi Gunung Talagabodas Tua yang membentuk bentang alam punggung berelief sedang berarah tenggara-baratlaut. Batuannya berupa aliran lava yang membentuk bongkah-bongkah meruncing, berwarna abu-abu gelap, berdiameter hingga 1,5 m, bagian luar membreksi dan bagian dalam masif, ada kesan struktur berlembar, tekstur porfiritik halus tersusun oleh fenokris berupa plagioklas, piroksen dan massa dasar afanitik. Lava tersebut ditindih oleh endapan jatuhnya piroklastika Gunung Talagabodas Muda, yang bersifat magmatis, freatik dan freatomagmatis (Fisher dan Schmincke, 1984). Kemudian terdapat produk erupsi Pra Gunung Talagabodas Muda adalah endapan aliran piroklastika (Endapan aliran piroklastika 1 Pra Gunung Talagabodas Muda. Endapan ini membentuk bentang alam punggung berelief sedang-halus, berarah tenggara-baratlaut. Endapan aliran piroklastika dijumpai di lembah Ci Dalem, lembah Ci Putih, dan di tebing utara Baturahong. Di dalam kawah Gunung Talagabodas Tua tumbuh Gunung Talagabodas Muda. Produk Erupsinya ditunjukkan oleh

tubuh gunung api berukuran kecil dengan kawah di puncaknya. Produk erupsi Gunung Talagabodas Muda berupa endapan aliran piroklastika dan dua endapan jatuhnya piroklastika yaitu Endapan jatuhnya piroklastika 1 Gunung Talagabodas Muda dan Endapan jatuhnya piroklastika 2 Gunung Talagabodas Muda.

Ikon utama Gunung Talagabodas adalah “Air Kawah Berwarna putih kehijauan” (Gambar 8.7), seperti Kawah Putih Gunung Patuha Ciwidey, Kabupaten Bandung. Kedua danau kawah ini telah menjadi obyek wisata alam yang populer sejak zaman Belanda. Konon, dulu di dekat kawah terdapat perkampungan yang bernama Kampung Papandak. van J.C. Rappard (1824–1898) mengabadikan suasana Kawah Talagabodas pada era Kolonial Belanda (Gambar 8.8) dan seorang fotografer Belanda keturunan Jerman yang lahir di Kediri bernama Margarethe Mathilde Weissenborn atau dikenal pula dengan panggilan Thilly Weissenborn sempat mengabadikannya pada 1932 dalam sebuah kartu pos.

Ketenaran Kawah Talagabodas dikalangan orang-orang Eropa telah mendorong Gubernur Jenderal Hindia Belanda saat itu pada 4 Februari 1924 menetapkan kawah yang eksotis ini sebagai objek wisata alam. Sayangnya, kini popularitasnya sudah tak seperti dulu sejak Kampung Papandak terbakar pada 1935 (Gambar 8.9).

Kini, Kawah Gunung Talagabodas yang berstatus sebagai kawasan taman wisata alam (TWA) mulai populer kembali terutama di kalangan masyarakat Kabupaten Garut dan Jawa Barat. Kawasan TWA ini dikelola oleh pihak BKSDA Jawa Barat II yang ditetapkan pada tahun 1978. Memiliki luas 23,85 ha dan berada di ketinggian 1.725 mdpl dan mempunyai temperatur rata-rata 24-26 derajat celsius, dengan curah hujan 1321 mm dengan intensitas penyinaran matahari sedang. Kondisi iklim seperti itu membuat suasana alam di kawah Talagabodas terasa sejuk.

Secara resmi obyek wisata alam Kawah Talagabodas buka 24 jam dan 7 hari dalam seminggu, artinya tidak pernah tutup. Wisatawan yang datang ke kawah ini biasanya melakukan aktivitas pemotretan khususnya di sekitar danau berwarna putih kehijauan.



Gambar 8.7. Kawah Putih Gunung Talagabodas, Garut.



Gambar 8.8. Lukisan karya van J.C. Rappard (1824–1898) yang mengabadikan suasana Kawah Talagabodas pada era Kolonial Belanda sebagai objek wisata alam.

Selain itu, banyak wisatawan melakukan jelajah keanekaragam alam seperti mengamati kolam lumpur (*mud pool*) yang masih bergolak, keunikan air danau kawah, dan keanekaragaman hayati yang ada di sekitarnya. Menurut Nurochman drr., (2016) air kawah tersebut kaya dengan larutan belerang dengan pH 1,99-3,43, menjadikan air disana sangat asam dan korosif sehingga harus hati-hati dengan barang bawaan yang mengandung logam dan hati-hati pula dengan suhu air kawah, meskipun terlihat tidak berbahaya, namun kewaspadaan harus tetap terjaga karena suhu airnya bisa mencapai 50 derajat Celsius.

Di sekitar Kawah Talagabodas terdapat pemandian air panas yang dilengkapi dengan beberapa fasilitas penunjang seperti kamar mandi, kamar ganti, hingga mushola. Air kolam yang berasal dari mata air panas aman digunakan untuk berendam, konon kandungan belerangnya memiliki khasiat bagi kesehatan dan kecantikan kulit. Hanya saja jangan terlalu lama berendam, cukup 15 menit dan airnya jangan sampai terminum karena berbahaya seperti halnya air kawah.



Gambar 8.9. Kampung Papandak Sebelum Terbakar

Gunung Sadahurip

Beberapa komunitas masyarakat yang beranggapan adanya jejak kegiatan manusia prasejarah di Gunung Sadahurip telah merebak di media massa, media elektronik dan media maya sejak awal tahun 2012. Jejak manusia tersebut dimanifestasikan dengan adanya dugaan bangunan piramida yang terpendam di dalam Gunung Sadahurip. Mereka menduga Piramida tersebut dibangun pada periode 6 - 10 ribuan tahun yang lalu dan bangunan tersebut sengaja di timbun untuk melestarikan keberadaannya. Fenomena ini berawal atas pertimbangan supranatural dan bentuk bentang alams Gunung Sadahurip yang mirip dengan bangunan piramida Giza di Negari Mesir pada jaman Firaun Khufu 2.560 SM, (Gambar 8.10 kiri). Fenomena gunung ini telah ditafsirkan pula oleh Hilman, D., (2013) berdasarkan hasil survei geofisika (antara lain geolistrik dan georadar).

Hasil penafsiran Hilman, D tersebut dikemukakan dalam rapat koordinasi program tindak lanjut Situs Megalitik Gunung Padang pada Mei 2013 yang menunjukkan adanya anomali bawah permukaan berupa bangunan piramida budaya dan menduga adanya lembah dalam (lembah Baturahong) sebagai tempat asal material bahan bangunan dalam pembuatan piramida tersebut. Juga adanya bercak putih pada permukaan bongkah andesit di Dusun Cicaparlebak, Desa Sukahurip, yang terletak di kaki barat laut Gunung Sadahurip ditafsirkan sebagai tulisan Sunda Kuno atau epigraf.

Pendapat lain tentang fenomena Gunung Sadahurip dikemukakan oleh Pudjo Asmoro (2013) yang mengemukakan bahwa berdasarkan Peta Geologi Lembar Garut-Pameumpeuk, skala 1:100.000 (Alzwar dr.,1992), dan hasil pemetaan geologi gunungapi (Mulyana dr., 2000) daerah ini didominasi oleh batuan hasil kegiatan gunung api Kuarter, yang umumnya masih memperlihatkan kenampakan kerucut (Gambar 8.11 bawah kanan), sehingga dugaan Gunung Sadahurip sebagai piramida yang di buat manusia menjadi janggal. Pendapat ini dikemukakan oleh Pudjo Asmoro setelah berkomunikasi dengan Yondri seorang ahli arkelogi pada tahun 2011, yang mengatakan



Gambar 8.10. Gunung Sadahurip, gunung berbentuk piramida yang tersusun oleh lava andesit dan sebagian besar tubuh tersebut ditutupi oleh endapan jatuhan piroklastik, (Foto: Pudjo Asmoro, (2013).

bahwa untuk sementara ini bangunan piramida tidak dikenal di dalam kebudayaan Indonesia.

Memang dari sisi vulkanologi, Gunung Sadahurip ini pernah diinterpretasi oleh Kusumadinata (1979) sebagai gunung api parasit yang tumbuh di dalam kawah Gunung Talagabodas. Bentuk kerucutnya masih terlihat jelas, dan di puncaknya tidak dijumpai jejak sisa kawah. Kemudian Pudjo Asmoro (2013) menginterpretasikan kenampakan geomorfologi saat ini, bahwa Gunung Sadahurip pernah mengalami 3 aktivitas pembentukan gunung api, yaitu 2 fase pembangunan dan 1 fase pengrusakan. Fase pembangunan pertama adalah pembentukan gunung api Sadahurip tua dan kemudian terjadi



Gambar 8.11. Kompleks Gunung Talagbodas dan gunung-gunung disekitarnya

fase pengrusakan yang menyisakan tubuh Gunung Damar, dan dilanjutkan fase pembangunan kembali membentuk tubuh Gunung Sadahurip sekarang. Pada umumnya erupsi yang terjadi bersifat efusif menghasilkan lava. Gambar 8.12, menunjukkan bentang alam Gunung Sadahurip terlihat menabrak tubuh Gunung Damar, hal ini dapat diartikan bahwa Gunung Damar lebih tua daripada Gunung Sadahurip, yang diduga sisa tubuh Gunung Sadahurip tua.

Kaitannya dengan batuan penyusun, Pudjo Asmoro (2013) dalam penelitiannya menyatakan bahwa batuan tubuh Gunung Sadahurip tersusun oleh lava andesit dan sebagian besar tubuh tersebut ditutupi oleh endapan jatuhnya piroklastika. Kenampakan singkapan lava pada umumnya masif, berkekar lembar dan plat, terkekarkan, terbreksikan di permukaan, berbentuk bongkah-bongkah tajam dan membulat dengan berbagai ukuran. Kenampakan lava masif menunjukkan bahwa selama mengalir bersifat homogen, cair, tidak

mengalami pendinginan secara cepat, yang umumnya sebagai bagian dalam suatu aliran lava (Macdonald, 1972). Lava yang mengalir secara laminar dan membeku secara perlahan menghasilkan lembaran-lembaran tipis dan tebal (plat dan berlembar). Selain itu lava yang sudah berhenti mengalir dan kemudian membeku, akibat proses pendinginan selama pembekuan mengakibatkan lava tersebut mengalami retakan yang membentuk rekahan-rekahan.

Produk Gunung Sadahurip lainnya yang teridentifikasi adalah breksi lava yang merupakan bagian permukaan aliran lava, baik lava pada bawah maupun bagian atas. Ketika bersentuhan langsung dengan udara luar, aliran lava ini membeku dengan tiba-tiba dan sebagian teroksidasi (terbakar), yang mengakibatkan bentuk pecah-pecah, tajam-tajam dengan berbagai ukuran (beberapa centimeter hingga beberapa meter), bersifat urai hingga padat, tergantung proses pemampatan dan pengelasan selama mengalir, dan berwarna abu-abu hingga merah terbakar. Sedangkan, bongkah-bongkah lava yang dijumpai pada bagian permukaan tubuh Gunung Sadahurip merupakan bagian rekahan lava akibat pembekuan, pembreksian, dan pembebanan, atau sebagai hasil longoran tubuh lava, sehingga menghasilkan bentuk dan ukuran tidak beraturan. Kenampakan bongkah batuan berbentuk membulat diakibatkan oleh proses erosi dan pelapukan, sedangkan endapan jatuhnya piroklastika yang menyelimuti tubuh Gunung Sadahurip merupakan hasil erupsi eksplosif gunung api aktif yang diduga berasal dari Gunung Talagabodas.

Gunung Gombong

Gunung Gombong terletak di sebelah timur hingga utara Gunung Sadahurip, membentuk bentang alam punggung yang berarah tenggara-baratlaut dengan puncak tertinggi ± 1847 mdpl. Relief bentang alam ini sedang-tinggi dengan kemiringan lereng bervariasi dari 10^0 hingga 45^0 , berlembah sempit dan dalam, berpola aliran sub-radial, disusun oleh lava, dengan vegetasi penutup berupa hutan lebat. Kenampakan dilapangan menunjukkan bentang alam



Gambar 8.12. Gunung gunung api tua di Kompleks Gunung Talagabodas, (Foto: Pudjo Asmoro).

Gunung Gombong ditabrak oleh bentang alam Gunung Sadahurip dan di bagian barat ditabrak oleh Bentang alam Gunung Talagasaat. Berdasarkan kenampakan tersebut diinterpretasikan bahwa Gunung Gombong muncul lebih awal dibandingkan dengan Gunung Talagasaat dan Gunung Sadahurip.

Batuan penyusunnya berupa Lava masif, umumnya telah lapuk kuat. Lava bagian bawah berwarna abu-abu tua, berjenis andesit, porfiritik halus, masif dengan fenokris berupa plagioklas (1-3 mm) dan piroksen (1-10 mm) yang tertanam dalam massa dasar berbutir halus. Lava bagian atas berwarna abu-abu tua bercak putih, bersifat andesitik, porfiritik kasar dengan fenokris dominan plagioklas (2-10 mm) dan piroksen (1-10 mm) yang tertanam dalam massa dasar berbutir halus. Lava di lokasi ini banyak mengandung xenolith andesit.

Gunung Talagasaat

Gunung Talagasaat terletak di sebelah selatan hingga tenggara Gunung Sadahurip dengan puncak tertinggi berelevasi 1701 mdpl. Bentang alam ber relief relatif halus dengan kemiringan lereng bervariasi dari 100 hingga 250 dengan pola aliran sungai berbentuk sub radier yang memusat di Gunung Talagasaat dan melandai ke arah barat laut. Sedangkan, batuan penyusun berupa aliran lava dan endapan jatuhnya piroklastika yang membentuk punggungan ber relief sedang, berarah tenggara-baratlaut. Lokasi ini sangat dikenal oleh penduduk setempat dengan sebutan Baturahong.

Ciri fisik lava di tebing Baturahong hingga ke lembahnya terdiri atas dua aliran lava, sedangkan endapan jatuhnya piroklastika 1 Talagasaat yang tersebar di sekitar kawah, diperkirakan sebagai akhir dari kegiatan Gunung Talagasaat. Oleh karena keberadaan bentang alam Gunung Talagasaat terlihat menabrak bentang alam Gunung Sadahurip di barat laut dan Gunung Gombong di utara (Gambar 8.12 kanan), maka diinterpretasikan bahwa Gunung Talagasaat muncul lebih muda dibandingkan dengan Gunung Sadahurip, Gunung Gombong, dan Gunung Talagabodas. Vegetasi yang tumbuh di sekitar Gunung Talagasaat berupa palawija, tetapi di sekitar kawah berupa hutan dan di beberapa bagian berupa hutan cemara.

Lembah Baturahong

Lembah Baturahong semakin di kenal, hal ini disebabkan beberapa kalangan mengaitkannya dengan fenomena piramida Gunung Sadahurip. Lembah dalam yang terletak di sebelah tenggara Gunung Sadahurip (Gambar 8.13), merupakan batas bentang alam gunung-gunung di sekitarnya, yaitu Gunung Gombong, Gunung Talagasaat, dan Gunung Sadahurip. Lembah Baturahong memiliki bentuk trapesium (kotak merah) dengan latarbelakang Gunung Sadahurip.

Lembah ini memiliki luas permukaan sekitar 2 km² dan mempunyai kedalaman 25 hingga 75 m (permukaan diukur dari ketinggian sadel Sudalarang). Tebing bagian selatan disusun oleh lava hasil erupsi Gunung Talagasaat, tebing bagian utara dan barat disusun oleh endapan piroklastika hasil erupsi Gunung Talagabodas. Dasar lembah Baturahong disusun oleh endapan aliran piroklastika yang ditindih oleh hasil longsoran dinding lava di sebelah selatan. Hasil longsoran berbentuk bongkah-bongkah dan menunjukkan struktur imbrikasi yang semakin dekat tebing ukurannya semakin besar. Lembah Baturahong ini pada awalnya terisi penuh oleh endapan aliran piroklastika yang bersifat urai dan ditindih oleh lava produk Gunung Talagasaat. Endapan aliran piroklastika bersifat lunak dan lepas sangat mudah tererosi, sedangkan lava sangat resisten, namun di beberapa tempat mulai terlihat melapuk.

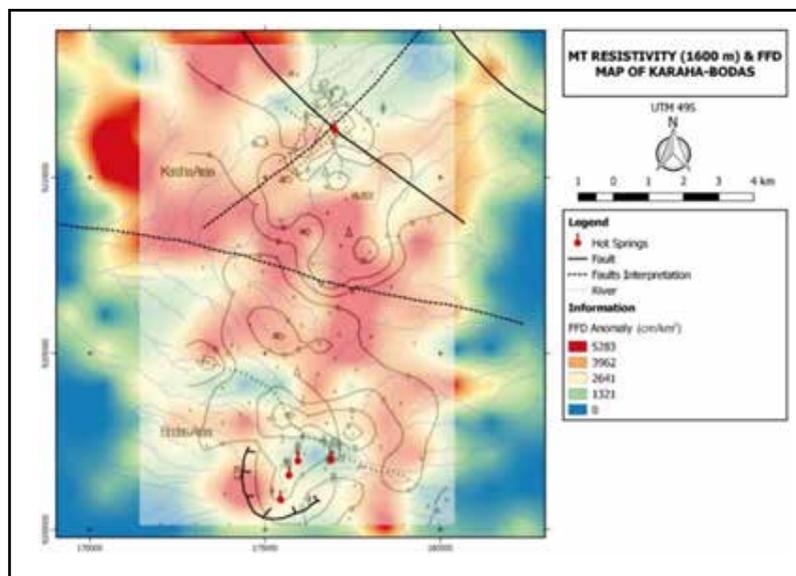


Gambar 8.13. Lembahnya berbentuk trapesium (kotak merah) dengan latarbelakang Gunung Sadahurif, memiliki luas permukaan sekitar 2 km², dan mempunyai kedalaman 25 sampai 75 m (permukaan diukur dari ketinggian sadel Sudalarang).

Material batuan yang mudah tererosi itu terangkut melalui Sungai Cikantong dan membentuk lembah dalam, sedangkan lava yang bersifat resisten membentuk dinding terjal. Karena di bagian bawahnya kosong maka dinding lava runtuh membentuk dinding Baturahong. Runtuhan lava berupa bongkah-bongkah meruncing dengan berbagai ukuran mengisi lembah Baturahong. Endapan aliran piroklastika dari Lembah Baturahong terendapkan pada daerah yang relatif lebih rendah menjadi endapan aluvial berupa material lepas, berukuran bongkah hingga lempung, antara lain berupa fragmen-fragmen andesit berukuran pasir hingga bongkah. Selain dari Gunung Talagasaat, juga endapan aluvial ini berasal dari tinggian dan lereng Gunung Sadahurip.

Geowisata Kompleks Karahabodas

Kebutuhan informasi dalam kegiatan geowisata di Kompleks Karahabodas dapat mengacu pada berbagai hasil penelitian geologi dasar maupun aplikasinya khususnya pada hasil penelitian-penelitian terkait manifestasi panas bumi. Salah satunya dilakukan oleh Heryadi Permana, dr., (2016), yang menyimpulkan bahwa Kompleks Karahabodas merupakan bagian dari hasil dari erupsi Gunung api Tua Sadakeling yang di duga membentuk kaldera. Kondisi kekinian gunung api tua ini tergambarkan di bagian utara dari puncak yang memperlihatkan tekstur kasar hingga sangat kasar berupa punggung bukit, gawir atau lembah berarah barat-laut-tenggara (Gambar 8.15), sedangkan di sisi selatannya dicirikan oleh kelurusan lembah dan punggung berarah timurlaut-baratdaya. Di sekitar Gunung Karaha atau Gunung Putri dicirikan oleh bentang alam perbukitan terisolir (batuan terobosan, leher vulkanik) dengan kelurusan perbukitan dan lembah mengarah



Gambar 8.14. Overlay antara resistivitas (kedalaman 1600 m) dan peta anomali FFD Karaha-Bodas

ke timurlaut. Di selatan dari Gunung Putri, terlihat bentang alam bertekstur kasar hasil erupsi Gunung Jurang dan bukaan kawah serta produknya ke arah timur. Suatu bukit terisolir dengan tekstur halus diperkirakan sebagai sisa Gunung Api Ngantuk yang mengarah ke baratlaut membentuk bentang alam punggungan bertekstur kasar.

Menurut peta geologi gunung api yang dipetakan oleh Grandy, dr., (2008), sistem Karaha berasosiasi dengan punggungan Karaha yang mengacu pada mahkota Sedakeling, sedangkan sistem Talagabodas diasosiasikan dengan punggungan Talagabodas yang mengacu pada mahkota Talagabodas. Adanya intrusi yang berperan sebagai sumber panas pada sistem Karaha, Grandy, dr., (2008) melalui kontur anomali diperkirakan meningkat ke arah barat laut Karaha dengan struktur kerapatan kelurusan yang rapat di sekitarnya. Zona permeabel yang tinggi diperkirakan berada di tengah-tengah daerah Karaha-Bodas pada kerapatan kelurusan yang rapat. Hal ini didukung oleh beberapa perluasan zona konduktif ke utara pada kedalaman sekitar 1600 m yang mungkin terkait dengan sirkulasi fluida termal. Arah untuk eksplorasi lebih lanjut cenderung mengarah ke utara hingga barat laut daerah Karaha.

Interpretasi data gaya berat di Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas yang dilakukan oleh Tripp dr., (2002) menunjukkan nilai anomali tinggi yang memanjang dari Gunung Talagabodas ke Kawah Karaha dan anomali ini kemudian bertambah tinggi di bagian selatan membentuk pola simetris radial sehingga dilakukan pemodelan pola-pola anomali ke dalam dua geometri. Hasil analisis mereka, geometri pertama menunjukkan intrusi vertikal yang mencapai kedalaman relatif dangkal (<3 km) di bawah kawasan Gunung Talagabodas dan geometri kedua menunjukkan intrusi konkordan yang meluas sampai kurang lebih 10 km ke arah utara pada kedalaman 2400 m. Intrusi ini dimodelkan sebagai diorit yang diduga sebagai sumber panas untuk sistem panas bumi di Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas.

Penelitian lainnya dilakukan oleh Moore dr., (2002), yang mengelompokkan sistem panas bumi Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas menjadi 3 (tiga) zona dari atas ke bawah. Zona

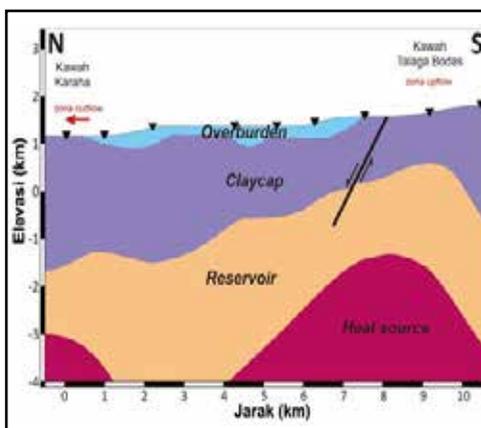


Gambar 8.15. Kiri: Peta morfostruktur Kompleks Gunung Api Talaga Bodas-Karaha, Jawa Barat yang membentuk punggung dan puncak-puncak bukit memanjang hampir berarah utara-selatan sepanjang 12 Km, (Sumber: Heryadi Permana, dr., 2016).

pertama adalah batuan penudung dengan ketebalan beberapa ratus m hingga 1.600 m. Zona ini ditandai gradien suhu konduktif dan permeabilitas yang rendah. Zona kedua merupakan reservoir yang didominasi oleh uap berada di bawah batuan penudung. Zona ketiga merupakan reservoir dominasi likuid berada di bawah zona kedua. Lebih lanjut Moore, dr., (2002) menjelaskan bahwa berdasarkan studi petrografi dan inklusi fluida dari beberapa sampel bor, sistem dominasi likuid temperatur tinggi terbentuk sebelum kemudian berubah menjadi dominasi uap. Sistem dominasi likuid mungkin terbentuk sebagai akibat intrusi diorit yang menerobos hingga kedalaman <3 km di dekat Kompleks Talagabodas. Sementara transisi dari sistem dominasi likuid temperatur tinggi ke kondisi dominasi uap dihipotesiskan berhubungan dengan kejadian longsor besar yang terjadi pada Gunung Galunggung sekitar ~4200 tahun yang lalu (Moore, dr., 2002), seperti dideskripsikan oleh Sudradjat dan Tilling (1984) dan Bronto (1989).

Model resistivitas 2D yang dilakukan oleh Ilham Arisbaya, drr., (2018), daerah Panas Bumi pada Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas menunjukkan bahwa daerah ini memiliki 3 kelompok nilai resistivitas, yaitu resistivitas rendah, sedang, dan tinggi, (Gambar 8,16). Resistivitas rendah 1 sampai dengan 10 Ohm.m diduga berasosiasi dengan lapisan penutup dengan kedalaman berkisar 0 sampai 2.000 m dibawah permukaan laut. Resistivitas sedang 10 sampai dengan 100 Ohm.m diduga berasosiasi dengan lapisan reservoir dengan kedalaman berkisar antara 2.000 m sampai 4.000 m dibawah permukaan laut. Resistivitas tinggi lebih besar dari 100 Ohm.m yang diduga berasosiasi dengan batuan panas dengan kedalaman lebih dari 1.500 m dibawah permukaan laut pada zona Talagabodas, lebih dari 3.000 m pada zona Karahabodas, dan lebih dari 4.000 m pada zona di antara zona Talagabodas dan zona Karahabodas.

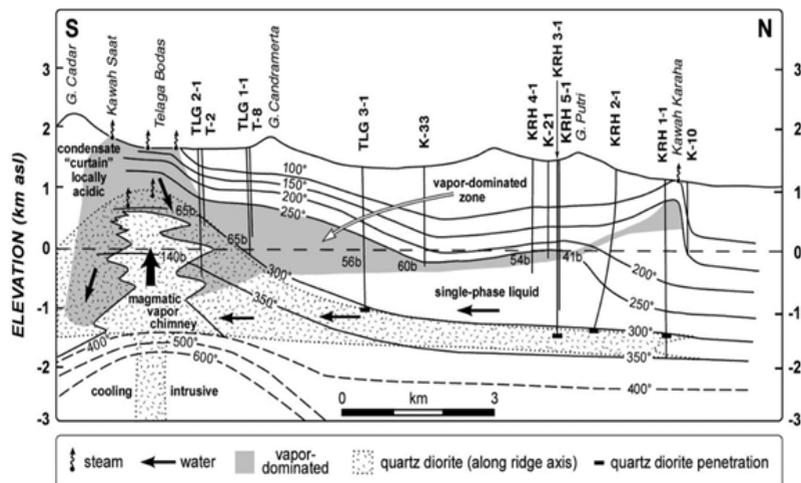
Kemudian, berdasarkan informasi geologi, penampang resistivitas 2D, analisis kontak vertikal, serta informasi dari penelitian-penelitian sebelumnya (Allis drr., 2000; Raharjo, drr., 2002; Tripp, drr., 2002), model sistem panas bumi di Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 8.16. Warna biru muda merupakan *overburden*, warna biru pada gambar menunjukkan *clay cap*, warna coklat muda menunjukkan



Gambar 8.16. Model sistem panas bumi pada Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas berdasarkan nilai resistivitas hasil model inversi 2D data MT. Bagian selatan daerah penelitian diinterpretasikan sebagai *upflow*, sedangkan bagian utara sebagai *outflow*. (Sumber: Ilham Arisbaya, drr., 2018)

lapisan reservoir, warna magenta menunjukkan *heat source* berupa intrusi diorit. Wilayah selatan lapangan panas bumi ini diduga sebagai zona *upflow* dan wilayah utara diduga sebagai zona *outflow*.

Gambaran umum dari manifestasi panas bumi pada kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas dapat mengacu pada hasil simulasi numerik yang didasarkan pada model konseptual. Gambar 8.17 yang memperlihatkan sebuah model yang menjelaskan sistem panas bumi pada kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas dan karakteristik utama sistem yang dibuat oleh Allis, drr., (2000). Model konseptual penampang selatan-utara pada Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas, menunjukkan perkiraan lokasi sumber panas berada di bawah Kawah Saat dan Danau Talagabodas. Zona *upflow* terletak di Kompleks Talagabodas dan Kompleks Karahabodas yang ditunjukkan dengan adanya beberapa manifestasi termal seperti fumarol, danau asam Talagabodas, mata air panas dengan kandungan SO_4 dan Cl yang tinggi, sedangkan sistem aliran (*outflow*) terletak di



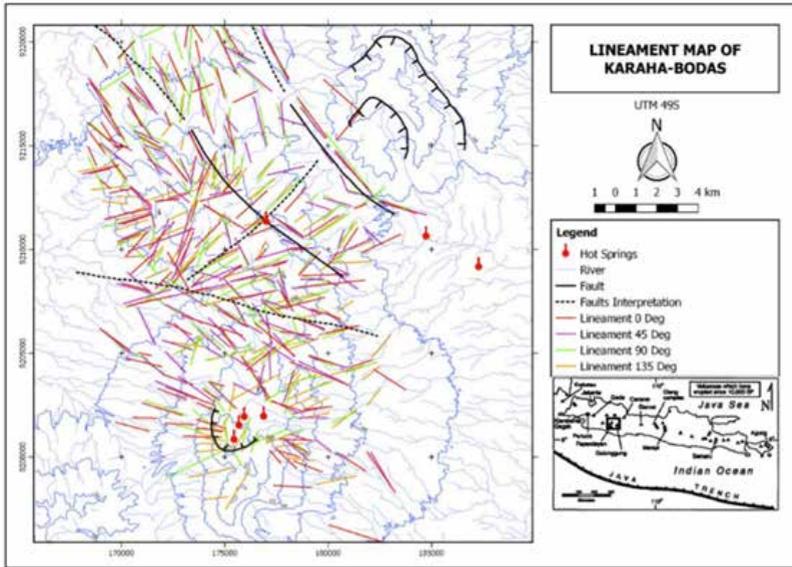
Gambar 8.17. Model konseptual sistem Hidrogeologi pada Kompleks Pegunungan Karaha-Talaga Bodas (Allis et al. 2000), dikategorikan sebagai reservoir suhu tinggi. Reservoir cairan dilapisi oleh zona uap. Temperatur dan tekanan tertinggi terdapat pada sumur TLG 2-1, yaitu 350 °C. Wilayah selatan memiliki zona uap paling tebal. Zona steam menjadi lebih tipis ke arah utara dan batas utaranya terletak di antara sumur KRH 2-1 dan KRH 1-1.

timur batas konsesi (Pamoyanan, Cicilap, dan Cipancing), dicirikan oleh air klorida-bikarbonat dan suhu manifestasi panas bumi yang rendah.

Keadaan di atas dapat dijelaskan melalui data gayaberas yang menunjukkan nilai anomali tinggi yang memanjang dari Talagabodas ke Kawah Karaha. Anomali ini kemudian bertambah tinggi di bagian selatan dan membentuk pola simetris radial. (Tripp, dr., 2002) memodelkan pola-pola anomali ini ke dalam dua geometri. Pertama adalah intrusi vertikal yang mencapai kedalaman relatif dangkal (<3 km) di bawah Kompleks Talagabodas. Kedua adalah intrusi konkordan yang meluas sampai kurang lebih 10 km ke arah utara pada kedalaman 2400 m. Intrusi kedua ini dimodelkan sebagai diorit yang diduga merupakan sumber panas untuk sistem panas bumi pada Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas. Menurut Nicholson K., (1993), lapangan panas bumi di lingkungan vulkanik akan menunjukkan manifestasi termal dengan karakteristik yang cenderung asam, seperti mata air panas asam, kolam lumpur, *steaming ground*, dan fumarol atau solfatara.

Berdasarkan hasil penelitian Grandy, dr., (2020) yang berkaitan dengan integrasi kelurusan pada beberapa data, menunjukkan bahwa sistem panas bumi pada Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas diperkirakan terdiri atas dua sistem yang berbeda, yaitu sistem Karahabodas dan sistem Talagabodas. Namun, keduanya tidak terpisahkan dari sisi evolusi geologi. Demikian pula dari aktivitas manifestasi panas bumi yang terdapat di kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas, terlihat mengelompok menjadi dua wilayah yang terpisah dengan jarak sekitar 10 km, yaitu Kompleks Karahabodas dan Kompleks Talagabodas, (Gambar 8.18).

Di bagian utara terdapat Kawah Karaha yang terletak di bagian tenggara dari posisi kompleks Gunung Putri-Erewanda (1060 mdpl) dengan keragaman panas bumi berupa solfatara, *steaming ground*, kolam lumpur, dan mata air panas (debit 1,6 L/s dan suhu maksimum 91°C). Juga terdapat beberapa mata air bikarbonat bersuhu rendah yang muncul di lembah dekat punggung Kompleks Karahabodas, (Allis R, dr., 2000). Sedangkan, di bagian selatan (Komplek



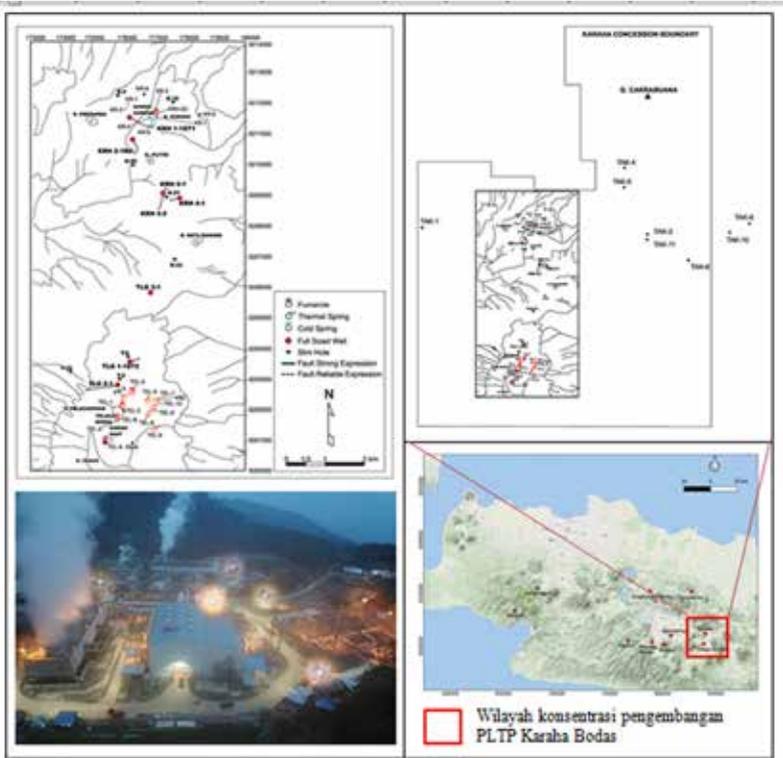
Gambar 8.18. Peta Kelurusan (lineament) dan struktur geologi di wilayah Karaha Bodas

Talagabodas) atau batas sistem yang memiliki luas sekitar 2 km² dengan ketinggian 1750 m mdpl terdapat fumarol pada Kawah Saat, danau asam (Kawah Talagabodas), dan mata air panas.

Pada elevasi yang lebih rendah sekitar 1 km dari tenggara Danau Kawah Talagabodas terdapat mata air jenis sulfida-bikarbonat dengan pH sedang hingga rendah (pH2 dan debit 7 L/s). Adanya peningkatan konsentrasi F⁻, Cl⁻, dan SO₄²⁻ pada air danau mengindikasikan bahwa fluida di area ini dipengaruhi oleh gas magmatik (Nemčok et al., 2007).

PLTP Karaha-Bodas

Setelah lama terkandung-kandung usai dihantam krisis moneter dan kalah di Arbitrase Internasional, namun sejak 2009 perusahaan panas bumi pada Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas yang terletak di wilayah perbatasan Kabupaten Tasikmalaya-Kabupaten



Gambar 8.19. Kawasan Manifestasi Panas Bumi Karaha-Bodas yang dikembangkan sebagai Pusat Listrik Tenaga Panasbumi (PLTP). Kotak merah adalah posisi PLTP Karaha Bodas yang berada di bagian paling timur dari Provinsi Jawa Barat. (sumber: Irsam/ PT KHexagon).

Garut, Jawa Barat dilanjutkan kembali. Hasilnya menggembirakan, Pembangkit Listrik Tenaga Panasbumi (PLTP) ini dapat beroperasi pada akhir Februari 2018. Saat ini sudah ada 9 sumur bor yang dikelompokkan sebagai Unit I dan baru 5 sumur yang yang beroperasi.

PLTP Karaha-Bodas memiliki kelebihan bila dibandingkan dengan PLTP lainnya di Indonesia yaitu sebagai proyek terlengkap, mulai dari sub-*surface*, eksplorasi, pemipaan, *power plant* hingga transmisi listrik sepanjang 25 km yang dikerjakan oleh PT.

Pertamina Geothermal Energy (PGE). Dalam pengerjaannya, sejak 2015 PT.PGE menggandeng Konsorsium PT. Alstom Power Energy System Indonesia dan Alstom Power System SA dari Perancis. Kini, pengembangan PLTP ini meluas ke wilayah di luar kawasan terutama ke arah timur, yaitu ke wilayah Mahkota (*crow*) Cakrabuana dan sekitarnya.

PLTP Karaha-Bodas ini beroperasi secara komersial/ *Commercial Operation Date* (COD) dan menargetkan produksi listriknya sebesar 227 GWh/tahun yang akan menerangi 33 ribu rumah, sehingga dapat meningkatkan kehandalan sistem transmisi Jawa-Bali.



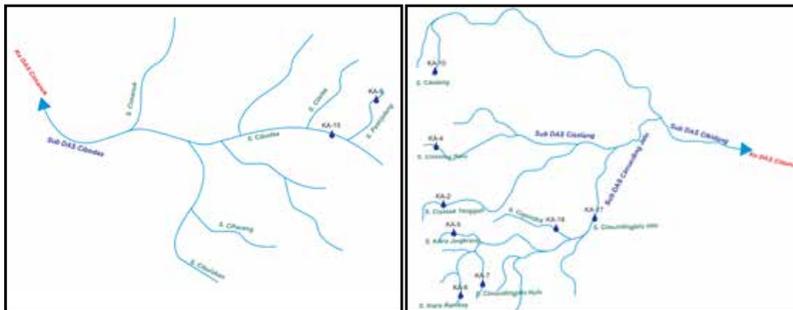
Gambar 8.20. Kawasan Manifestasi Panas Bumi Karaha Bodas yang dikembangkan sebagai Pusat Listrik Tenaga Panasbumi (PLTP). Kotak merah adalah posisi PLTP Karaha Bodas yang berada di bagian paling timur dari Provinsi Jawa Barat. (sumber: Irsam/ PT KHexagon).

Juga, pembangunan proyek PLTP ini memberikan manfaat secara langsung kepada masyarakat disekitar yang direalisasikan dalam program *Community Development*. Salah satunya telah menyerap tenaga kerja sebanyak 2700 orang yang terdiri atas tenaga kerja lokal sebesar 98,1% (26,5% dari Kabupaten Garut dan Tasikmalaya, 71,6% luar Kabupaten Garut dan Tasikmalaya) dan tenaga kerja asing 1,9%. Selain menyerap tenaga kerja setempat, juga telah merealisasikan kegiatan pendidikan, sosial, kesehatan dan pemberdayaan ekonomi masyarakat setempat.

Saat ini sebagai wujud pemberdayaan ekonomi masyarakat, PT. PGE tengah mengembangkan kemandirian petani kopi lokal mulai dari pemberian bibit kopi berkualitas, pelatihan, hingga *benchmark* usaha kopi lainnya yang sudah lebih dahulu berhasil mengembangkan bisnisnya. Skala manfaat yang lebih luas lagi adalah berkontribusi besar pada Peningkatan Pendapatan Asli Daerah (PAD) melalui penyeteroran Bonus Produksi secara langsung ke Kas Umum Daerah. Sedangkan dari sisi lingkungan, pemanfaatan panas bumi adalah penghasil energi yang ramah lingkungan, sehingga mampu menurunkan emisi gas rumah kaca sebesar 202 ribu ton CO²/tahun.

Secara keproyektan, Lapangan Panas Bumi Karaha-Bodas berada pada lima wilayah administratif kabupaten, yaitu: Kabupaten Sumedang, Garut, Majalengka, Tasikmalaya dan Ciamis dengan rencana kapasitas terpasang sebesar 30 MW. Namun, saat ini yang sudah berhasil dikembangkan berada di wilayah Garut dan Tasikmalaya. Ada dua sumur produksi panas bumi di Wilayah Kabupaten Garut, yaitu KRH 5-1 di Desa Cintamanik Kecamatan Karangtengah dan TLG 3-1 di Desa Cinta Kecamatan Karangtengah berada pada Kawasan Hutan Pinus milik Perum Perhutani Unit III Jabar dan Banten. Selebihnya lima sumur produksi panas bumi berada di Kabupaten Tasikmalaya, yaitu KRH 1-1, KRH 2-1, KRH 4-1, TLG 1-1, dan TLG 2-1.

Ditinjau dari sistim hidrologi, lokasi PLTP Karaha-Bodas berada di Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas yang memanjang utara-selatan, di kedua punggungannya terbentuk dua daerah



Gambar 8.21. Diagram Skematik DAS Cimanuk dan DAS Citanduy

aliran sungai (DAS), yaitu DAS Citanduy dan DAS Cimanuk, (Gambar 8.21). Dari punggung Gunung Karaha ke arah timur terbentuk tiga subdas, yaitu Subdas Cikidang, Subdas Ciselang, dan Subdas Cimunding Jalu. Sub DAS Ciselang berada di sebelah timur lokasi Sumur KRH 2/1 dan KRH 3/1, mengalir ke arah timur dan bermuara ke Sungai Cikidang dan selanjutnya menuju Sungai Citanduy. Sedangkan Sub DAS Cikidang berada di sebelah utara lokasi kegiatan, mengalir ke arah timur dan bermuara ke DAS Citanduy. Sub DAS Cimunding Jalu berada di sebelah timur lokasi Sumur KRH 4/1, 4/2, dan lokasi PLTP mengalir ke arah timur laut dan bermuara di Sungai Ciselang yang selanjutnya menuju Sungai Cikidang. Sedangkan, dari Punggung Gunung Karaha ke arah barat terbentuk Subdas Cibodas yang mengalir ke arah barat lokasi PLTP menuju DAS yang berbeda yaitu DAS Cimanuk.

Kedua DAS yang berada di wilayah Karaha-Bodas secara hidrogeologi berperan sebagai imbuhan air tanah yang mengisi akifer yang berada di dua DAS utama yaitu DAS Cimanuk yang berada di Cekungan Garut dan kemudian mengalir ke pantai utara laut Jawa yang bermuara di wilayah Indramayu, Jawa Barat, dan DAS Citanduy yang mengalir ke wilayah selatan Pulau Jawa dan bermuara di Sagaraanakan yang merupakan wilayah perbatasan Kabupaten Pangandaran Jawa Barat dan Kabupaten Cilacap Jawa Tengah.

Wilayah atau areal konsesi lapangan panas bumi Karaha-Bodas merupakan hamparan hutan lindung dibawah pengelolaan Kesatuan

Pemangkuan Hutan (KPH) Tasikmalaya dan KPH Garut, Perhutani Jawa Barat. Sebagian besar lahan ditanami pohon pinus (*Pinus merkusii*) yang usianya bervariasi 1 hingga 10 tahun, kecuali pada beberapa puncak bukit dan gunung yang masih banyak ditumbuhi vegetasi hutan alam, hutan produksi, dan hutan campuran.

Geowisata Kawah Karahabodas

Banyak yang beranggapan bahwa Kawah Karahabodas adalah Danau Kawah Talagabodas, padahal keduanya kawah yang berbeda, walaupun sama-sama berada di Kompleks Gunung Api Karaha-Talagabodas. Danau Kawah Talagabodas adalah kawah tipe b dari Gunung Talagabodas, sementara Kawah Karahabodas adalah kawah yang terdapat di Gunung Karaha. Memang dalam evolusi geologi, kedua gunung ini tidak terpisahkan cenderung saling terkait satu dengan yang lainnya. Kini, Kawah Karahabodas yang berada di wilayah Kabupaten Tasikmalaya, Jawa Barat semakin di kenal seiring beroperasinya PLTP Karaha-Bodas seperti dikenalnya Danau Kawah Talagabodas yang berada di Kabupaten Garut, Jawa Barat, (Gambar 8.22).



Gambar 8.22. Kawah Karaha Bodas Tasikmalaya (Foto: Blogrifqi.blogspot.com)

Secara administratif, kawasan PLTP Karaha-Bodas yang terletak di Kabupaten Garut meliputi Kecamatan Pangatikan dan Kecamatan Karang Tengah, sedangkan di Kabupaten Tasikmalaya meliputi Kecamatan Kadipaten dan Kecamatan Ciawi. Ditinjau dari geologi regional, kawah dan lapangan panas bumi ini terletak di dekat lingkungan bersejarah gunung api aktif, yaitu gunung api Guntur, Papandayan, Cikuray dan Galunggung yang menunjukkan adanya panas bumi yang intensif ke bagian atas kerak. Kawah vulkanik Galunggung terletak di bagian tenggara punggung Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas yang memiliki indikasi adanya pengaruh aktivitas vulkanik terhadap sistem panas bumi di atasnya (Allis R, drr., 2000).

Secara geologi rinci, PLTP Karaha-Bodas termasuk Kawah Karahabodas berada di bawah tren utara punggung andesit yang berjarak kurang lebih 15 km sebelah timur Kabupaten Garut, Jawa Barat. Manifestasi panasbumi yang telah teridentifikasi, diantaranya adalah lumpur panas, fumarol, solfatar, mataair panas dan alterasi batuan pada Kawah Karahabodas menjadi potensi atau daya tarik wisata alam, terlebih pengelola kawasan telah menyediakan tempat untuk berendam di air panas sambil menikmati pemandangan alam yang indah dan eksotis, karena di sekitar kawah ditumbuhi pohon pinus yang rimbun dan meneduhkan. Sedangkan, munculnya manifestasi lumpur panas, fumarol, solfatar, dan fenomena geologi lainnya menjadi bonus obyek wisata alam yang dapat dikembangkan sebagai obyek geowisata. Hal ini karena Kawah Karahabodas mempunyai keunikan berupa karakteristik ledakan pferatik tipe erupsi yang mengeluarkan air panas dan uap panas. Kawah Karahabodas merupakan satu dari 21 gunungapi tipe C di Indonesia, yang berarti sejak 1600 erupsinya tidak tercatat.

Saat ini pemerintah daerah bersama Perhutani Unit III Jawa Barat, dan PT. PGE telah mengembangkan pariwisata dengan konsep wisata alam Karahabodas berbasis pada obyek hayati, geologi termasuk PLTP. Hal ini disebabkan area wisata alam Panas bumi ini terletak pada konsesi hutan yang dikelola oleh Perhutani Unit III Jawa Barat. Untuk itu diperlukan sinergi yang kuat di antara lembaga tersebut

dengan melibatkan masyarakat lokal melalui pembentukan badan pengelola. Tentunya badan pengelola ini perlu dibekali dokumen perencanaan yang handal seperti studi kelayakan, *masterplan*, dan *detailed engineering design* (DED). Dokumen perencanaan tersebut akan menjadi dasar pembagian tugas masing-masing *stakeholder*. Tentunya dokumen perencanaan ini harus didasarkan pada konsep *sustainable tourism* sehingga pengembangan obyek wisata alam ini tidak akan mengganggu kelangsungan sumber daya alam dan budaya yang ada.

Adapun sarana prasarana wisata alam inti dan penunjang yang sedang dikembangkan, diantaranya adalah pembangunan *camping ground*, *jogging track*, *outbond* dan *homestay* yang dilengkapi dengan *meeting room*, paket wisata kuliner, serta agrowisata. Langkah berikutnya yang sedang dikembangkan adalah even wisata budaya khas Tasikmalaya maupun Garut. Ketersediaan infrastruktur wisata terpadu yang dikaloraborasi dan dikemas dengan even atraksi budaya dan seni tentu akan menjadi kekuatan utama dalam pemasaran pariwisata ke depan. Harapannya, bentang alam yang indah secara alamiah itu, ditopang dengan ketersediaan prasarana wisata yang memadai dan ditunjang akses jalan yang mantap, sehingga dapat membawa kawasan Wisata Karahabodas menjadi daerah tujuan wisata unggulan.

Sinergitas pengembangan PLTP dan wisata alam terpadu Karahabodas merupakan salah satu bentuk pembangunan strategis yang berkelanjutan, sehingga wajar menjadi bagian penting dalam rencana tata ruang nasional maupun daerah. Dampak langsung yang dapat dirasakan jika pembangunannya telah dilaksanakan dengan benar adalah *multiplier effect* bagi pemerintah daerah dan secara langsung dapat dirasakan oleh masyarakat setempat (lokal). Salah satu nilai strategis pengembangan wilayah di Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas adalah dapat menjangkau simpul-simpul wilayah tertinggal, karena bagi masyarakat tertinggal pengembangan wisata alam terpadu menjadi harapan meningkatkan daya beli. Perkembangan karena perekonomian itu akan berjalan secara simultan apabila penataan sarana prasarana



Gambar 8.23. Berendam di kolam air panas sambil menikmati pemandangan alam yang indah dan eksotis, karena di sekitar kawah ditumbuhi pohon pinus yang rimbun dan meneduhkan.

wisata, promosi, dan peningkatan UMKM (Usaha Mikro Kecil dan Menengah) bagi masyarakat lokal berjalan sebagaimana mestinya. Harapannya dengan dibukannya akses infratruktur jalan yang mantap menuju lokasi akan mampu memancing pengembangan wilayah secara langsung dan munculnya kemandirian masyarakat dalam meningkatkan kesejahteraan di masa yang akan datang.

Disamping dampak langsung bagi masyarakat setempat, tentunya pendapatan asli daerah (PAD) dari sektor pariwisata juga akan terdongkrak lebih baik lagi dan capaian optimal PAD akan kembali lagi kepada masyarakat dalam bentuk program dan kegiatan pembangunan daerah. Tentunya, sinergi *stakeholder* dalam pengembangan wilayah kompleks Karahabodas menjadi dambaan masyarakat setempat dan masyarakat pada umumnya. Dampaknya bagi wisatawan yang telah mengeluarkan uang akan sepadan dengan pelayanan dan kenyamanan berwisata yang dirasakannya.

Akses jalan menuju lokasi wisata alam ini dapat melalui jalan

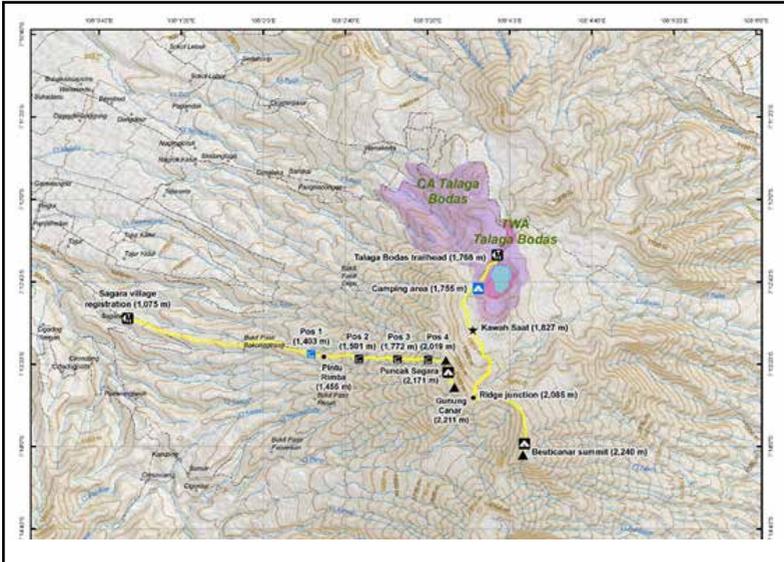
desa sejauh kurang lebih 3 km dengan pintu masuk dari turunan gentong sebelah kanan. Papan informasi bertuliskan Pertamina Geothermal yang terlihat dari arah Bandung menuju Tasikmalaya akan memandu. Rute yang perlu ditempuh untuk sampai di kawasan wisata Karahabodas adalah sekitar lima kilometer. Setelah sampai di lokasi dan kendaraan diparkir, perjalanan dilanjutkan dengan berjalan kaki menuju area kawah. Jarak dari parkir ke area kawah sekitar 700 meter. Rute alternatif dari Bandung dapat melalui Kota Garut menuju arah Wanaraja atau rute Bandung-Limbangan-Cibatu-Wanaraja.

Pendakian di Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas

Objek wisata di kompleks pegunungan Karaha-Talagabodas yang mudah dijangkau dan sudah dikenal wisatawan, di antaranya kawah danau Talagabodas, kawah Saat, dan Kawah Karahabodas di utara. Pendakian ke gunung ini masih jarang dilakukan secara masal seperti ke Gunung Guntur, Cikuray, dan Papandayan. Namun, kini terdapat beberapa jalur yang sudah tersedia, diantaranya pendakian ke Puncak Gunung Beuticanar, yang terletak di antara punggung panjang puncak berhutan, Puncak Gunung Sagara, dan Puncak Gunung Sadakeling.

Puncak Sagara

Puncak Sagara (2.171 mdpl) adalah salah satu puncak yang memiliki pemandangan sangat indah terutama saat matahari terbit sehingga banyak yang menyebutnya sebagai sudut pandang terbaik di seluruh Jawa Barat dan bisa dibandingkan dengan panorama ikonik yang dimiliki Gunung Prau dan Gunung Pakuwaja di Pegunungan Dieng, Jawa Tengah. Sudut pandang Puncak Sagara yang menjadi ikonik adalah pemandangan ke arah Danau Kawah Talagabodas dan pemandangan ke arah Cekungan Garut yang dikelilingi gunung-gunung api Kuartar yang masih aktif maupun tidak aktif.



Gambar 8.24. Jalur Pendakian di Pegunungan Karaha-Bodas, Jawa Barat, (sumber: Daniel Quinn, 2020).

Kecenderungan kembali ke alam bebas pada masa pandemi dan pasca pandemi ini menyebabkan pendakian ke Puncak Sagara (Gambar 8.24) semakin populer dan meningkat. Jalur pendakian ini dapat dilakukan dari wilayah Garut melalui dua *basecamp* yang sangat dekat satu sama lain, satu di Tajur Kidul pada ketinggian 1.250 mdpl dan di Kampung Sagara pada ketinggian 1.075 mdpl, tepatnya di selatan titik awal Tajur Kidul. Kedua puncak ini terhubung jalan setapak yang relatif datar, sehingga dapat melakukan pendakian dan turun gunung berbeda jalur. Untuk melakukannya sangat tergantung izin dari pengelola kawasan dan juga harus dipertimbangkan bagi yang memarkir kendaraan di salah satu *basecamp* karena membutuhkan ekstra waktu untuk mengambilnya di titik awal.

Dari kedua jalur pendakian ini, Kampung Sagara lebih mudah di akses, karena sepeda motor dapat ditinggal di Pos 1 pada ketinggian 1.403 mdpl, sehingga pendakian menuju puncak hanya

mebutuhkan waktu sekitar 3 jam atau menghemat sekitar 30 menit, apalagi ketika turun gunung hanya membutuhkan waktu 90 menit. Tidak mengherankan bila puncak Sagara semakin populer dikalangan wisatawan domestik maupun mancanegara.

Pada peta rupabumi yang dikeluarkan Badan Informasi Geospasial, Puncak Sagara belum ditandai karena namanya diambil dari desa di bawahnya. Puncaknya adalah sebuah titik di punggung bukit di atas Talagabodas tepat di sebelah utara Gunung Canar atau pada peta rupabumi disebut Gunung Tadar (2.211 mdpl) dan Gunung Piit di bagian bawahnya (2.096 mdpl) dengan jarak sekitar 1 kilometer ke arah utara. Posisi inilah yang merupakan sudut pandang yang benar-benar indah dan menakjubkan.

Jalur pendakian dari desa Sagara dimulai di pos pendaftaran (1.075 mdpl) tetapi seperti yang disebutkan di atas mulai pertengahan tahun 2020 sudah menjadi kebiasaan bagi pengendara sepeda motor untuk melanjutkannya ke jalur perkebunan berlumpur menuju Pos 1 (1.403 mdpl) dan di pos 1 ini tersedia tempat parkir dan sumber air perpipaan. Pos 1 sebenarnya memiliki beberapa pemandangan indah ke arah pedataran tempat berkembangnya Kota Garut dan ke beberapa gunung, seperti Gunung Guntur dan Gunung Karacak. Kemudian, hanya beberapa menit di luar Pos 1 terdapat gugusan warung bambu yang populer sebelum ditutup akibat pandemi covid-19. Kini, seiring meningkatnya pendakian secara perlahan warung-warung tersebut mulai buka kembali. Posisi warung bambu ini berada pada 'pintu rimba' atau pintu masuk ke hutan (1.455 mdpl) dan di posisi ini kesegaran alam dan suasana menyenangkan mulai dapat dirasakan dan semakin ke atas suasana spritual semakin terasa.

Salah satu hal hebat tentang pengelolaa jalur ke Puncak Sagara yang dilakukan masyarakat lokal adalah di setiap Pos selalu ditemukan atau tersedia satu atau dua kursi bambu untuk para pendaki beristirahat sejenak hingga dikemudian hari dianggap pos-pos "shelter" oleh para pengunjung. Memang jalur ini bukan tempat biasa untuk berkemah karena perjalanannya pendek dan puncaknya sendiri sejauh ini merupakan tempat terbaik untuk

melihat pemandangan yang mudah di jangkau. Pos 2 berada pada ketinggian 1.591 mdpl, Pos 3 berada pada ketinggian 1.772 mdpl, Pos 4 atau pos terakhir sebelum puncak berada pada ketinggian 2.019 mdpl dan Puncak idaman, yaitu Puncak Sagara berada pada ketinggian 2.171 mdpl.

Pengelolaan di sekitar puncak cukup memadai dengan tersedianya pagar kayu yang cukup kokoh yang dapat mencegah pejalan kaki jatuh dari tepi jalur yang merupakan puncak dinding kawah Talagabodas dan kawah kering yang disebut Kawah Saat. Dalam suasana cuaca cerah, di kejauhan dari Puncak Sagara dapat terlihat Gunung Ciremai menjulang gagah perkasa dan ke arah timur kadang terlihat Gunung Slamet seperti melayang di atas awan. Sementara Gunung Sawal terlihat lebih rendah dan seolah berada di depan mata. Ketika memandang ke arah yang berlawanan, yaitu ke arah Garut dan ke barat laut hampir sama mengesankannya, terlihat di sebelah utara mengikuti puncak punggung adalah Gunung Tampomas yang berada di utara Sumedang.

Ketika, para pendaki mengikuti punggung sedikit ke selatan, dipastikan melihat sekilas Gunung Beuticanar pada ketinggian 2.240 mdpl, merupakan puncak tertinggi dari pegunungan yang ada di timur Cekungan Garut. Walaupun menjadi puncak tertinggi namun Gunung Beuticanar ini jarang yang mendaki untuk menaklukkannya, karena kalah pesona oleh Puncak Sagara, sebuah puncak berperan sebagai titik pandang (*viewpoint*) terbaik di antara gunung-gunung yang mengelilingi Cekungan Garut.

Pendakian ke Puncak Baeuticanar dapat dipertimbangkan dengan opsi menyempurnakan perjalanan menjelajahi puncak-puncak Gunung Talagabodas, walaupun medannya terlihat tidak terlalu curam dan jelas, karena apabila dalam beberapa minggu terakhir tidak ada yang melakukan pendakian, maka jejak pendakian biasanya akan hilang dan kondisi jalur pun tidak jelas lagi tertutup tumbuhan seperti rerumputan dan alang-alang. Tentunya keadaan ini akan menghambat perjalanan dan lama perjalanan pun bisa bertambah. Untuk itu dibutuhkan bantuan penunjuk jalan (pemandu) dari masyarakat lokal yang mengenal medan dan

berpengalaman sehingga dibutuhkan biaya ekstra untuk persiapan camping bila diperlukan dan memberi honor pemandu.

Gunung Sadakeling

Gunung ini adalah gugusan puncak paling utara dari Kompleks Pegunungan Karaha-Talagabodas yang luas. Memang, Sadakeling adalah gunung relatif kecil dan jarang dikunjungi oleh para pendaki atau penjelajah, kecuali para pejalan kaki yang ingin mengunjungi atau berziarah ke makam para tokoh atau ulama agama islam. Hal ini berkaitan dengan wilayah Malambung Garut dan Ciawi Tasikmalaya sebagai pusat pendidikan islam sejak pertengahan abad kedua puluh, sehingga banyak makam para ulama di sekitarnya.

Akses terbaik menuju puncak Sadakeling berada di bagian utara tidak jauh dari Warung Bandrek, (Gambar 8.25). Sebuah jalan mengarah ke desa Dukuh, Desa Karyamukti (1.109 mdpl) yang dapat dilalui sepeda motor dan dapat ditinggalkan di dekat warung bila akan melakukan pendakian. Sebelum memulai pendakian jangan lupa mendaftarkan diri atau kelompok kepada kepala desa.

Dari Desa Karyamukti inilah, pendakian di mulai dan beberapa saat kemudian di sebelah kanan jalur terlihat perkebunan kopi hingga memasuki hutan pinus. Setelah sejenak beristirahat dan menikmati suasana alam sekitarnya, pendakian dilanjutkan, namun jangan lupa mengisi tempat persediaan air karena disekitar pondok kayu terdapat pipa air yang bersumber dari mata air yang dikelola oleh masyarakat setempat. Pendakian dimulai dengan mengambil jalan menurun yang cukup curam dan sempit untuk mencapai punggung bukit di sebelah kirinya, kemudian menelusuri punggung tersebut hingga mencapai ketinggian 1.381 mdpl. Pada ketinggian ini, di bawah punggung terdapat lembah yang tidak terlalu besar, namun cukup memadai untuk perlindungan bila terjadi cuaca ekstrim. Sementara, pada ketinggian 1.394 mdpl terdapat bangunan kayu tua yang berdampingan dengan kuburan tunggal, yaitu tempat dimakamkannya Raden Ayu Ratnaningrum, sesorang yang selalu diceritakan masyarakat setempat sebagai pemberi



Gambar 8.25 Lokasi dan Jalur Pendakian ke Puncak Gunung Sadakeling

nama Gunung Sadakeling. Ternyata, para pejalan kaki di jalur ini kebanyakan masyarakat lokal yang tujuannya ke makam tersebut dan sedikit sekali yang melanjutkan perjalanan ke punggung yang lebih tinggi lagi, apalagi ke puncak Gunung Sadakeling.

Untuk mencapai Puncak Sadakeling yang sebenarnya, selain puncak tempat makam Raden Ayu Ratnaningrum juga dapat melewati punggung bukit tempat beradanya gubuk kayu di lahan pertanian. Pada ketinggian 1.487 mdpl mulai memasuki hutan alam dan pada ketinggian 1.564 mdpl terdapat persimpangan yang sangat penting dan tidak bertanda. Namun, informasi dari masyarakat sebelum melakukan pendakian memberi petunjuk untuk berbelok ke kanan menuju hutan dengan jalur yang lebih sempit, tidak memasuki hutan dengan jalur menurun dan lebar.

Sebenarnya, Gunung Sadakeling memiliki dua puncak utama, yaitu puncak timur yang berada pada ketinggian 1.645 mdpl yang merupakan jalur perburuan masyarakat setempat. Puncak sebenarnya berada di bagian barat dan untuk mencapainya harus menuruni tebing yang ditumbuhi semak belukar. Sebelum naik ke punggung menuju puncak, pada ketinggian 1.609 mdpl terlihat kedua puncak utama yang akan di tuju. Setelah melalui batu besar yang ada pada punggung yaitu pada ketinggian 1.640 mdpl terdapat gubug tua yang banyak ditumbuhi tanaman merambat dan berduri.

Puncak yang dimulai pada ketinggian 1.640 mdpl ini, hanya

suasana hening penuh misteri dan sanyup sanyup suara binatang yang dapat dinikmati selama perjalanan. Akhirnya, dalam keadaan cuaca yang cerah, punggung puncak berumput pada ketinggian 1.676 mdpl dapat dicapai dalam waktu 3 jam. Rasa lelah terbayar dengan tampilan panorama yang indah dan menawan, terutama ke arah Cekungan Garut dengan latar belakang Gunung Cikuray yang menjulang tinggi seolah menyangga atap Cekungan Garut.

Puncak Gunung Sadakeling yang dicapai ini bukanlah yang tertinggi, karena menurut peta rupa bumi dari BIG adalah Puncak Cipakumanggung (1.720 mdpl). Menurut kepala desa, sampai saat ini belum pernah ada yang melapor untuk melakukan pendakian ke puncak tersebut. Mungkin suatu saat patut dicoba melalui jalur sisi timur laut, jalur yang berada dekat stasiun kereta api Cipeundeuy, sehingga akses dari Bandung mudah dijangkau. Untuk melihat keadaan medan dapat mengunggungi pintu masuk kawasan hutan Sadakeling (1.487 mdpl). Dari lokasi ini akan terlihat bentangan gunung yang diujung kanannya adalah Puncak Cipakumanggung dan di ujung kirinya adalah Puncak Sagobok (1.660 mdpl). Kedua puncak tersebut memperlihatkan kondisi hutan yang nampaknya dalam kondisi baik, berbeda dengan bagian-bagian lain dari Gunung Sadakeling.

Sadakeling sendiri memiliki cerita menarik di balik namanya. Awalnya dianggap memiliki arti “suara kegelapan”, sedangkan sumber-sumber lokal lainnya mengartikan “sada” berarti suara, dan “keling” berarti nama sejenis burung. Versi lainnya mengartikan “keling” sebagai “cincin”, sebuah perhiasan yang dikenakan oleh wanita lokal Raden Ayu Ratnaningrum dan suara yang dimaksud menurut penduduk setempat dapat terdengar di pegunungan setelah kematiannya. Singkat cerita, kematian Raden Ayu Ratnaningrum bermula dari tuduhan “makar” oleh rekannya bernama Raden Wiradikusuma, karena menjalin hubungan dengan makhluk lain sejenis burung bernama Ciungwanara. Dalam upaya membela diri, Raden Ayu Ratnaningrum memilih mengakhiri hidupnya dengan bunuh diri. Untuk membuktikan siapa yang benar, sebelum meninggal dia mengucapkan supata (sumpah) bahwa:

“Jika darah yang keluar dari tubuhnya berwarna merah, itu menunjukkan dia bersalah, tetapi jika darah yang keluar dari tubuhnya berwarna putih, itu menunjukkan bahwa dia tidak bersalah”.

Ternyata setelah kematiannya, darah yang keluar dari tubuhnya berwarna putih, hal ini membuktikan bahwa Raden Ayu Ratnaningrum tidak bersalah, artinya tuduhan makar itu salah. Namun peristiwa ini menjadi tragis dan menunjukkan kepolosannya, artinya harga kebenaran harus dibayar dengan mengorbankan nyawanya. Untuk menghormatinya, maka beliau dimakamkan di salah satu puncak gunung dan diberi nama sesuai peristiwa yang terjadi yaitu “Sadakeling”. Di kemudian hari nama Sadakeling ini menjadi nama gunung secara keseluruhan yaitu Gunung Sadakeling sebagaimana tertera dalam peta rupabumi.

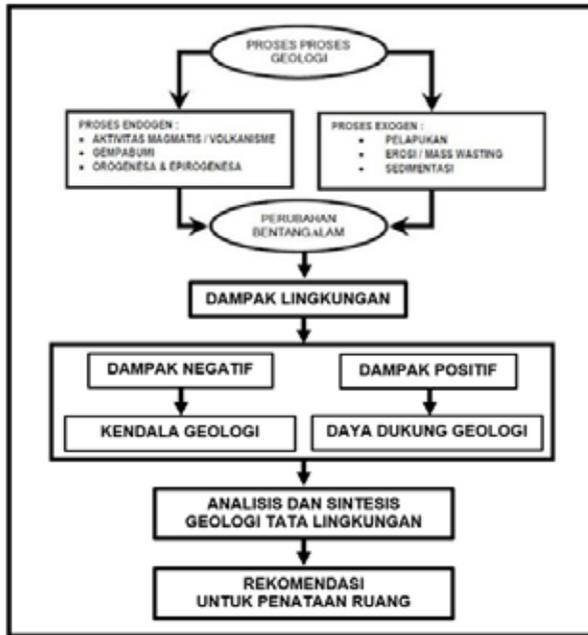
Puncak Gunung Sadakeling memiliki potensi menjadi tujuan pendakian yang populer di masa yang akan datang. Namun, hal ini sangat tergantung niat masyarakat lokal dan pemerintah daerah. Apalagi untuk mencapainya hanya membutuhkan waktu sekitar 2 setengah jam dan kurang dari 2 jam untuk kembali ke desa dengan rute yang sama.

GEOLOGI TATA LINGKUNGAN

Memberi Kenyamanan
Berwisata Alam
di Cekungan Garut

Proses geologi adalah semua aktivitas yang terjadi di bumi baik yang berasal dari dalam bumi (*endogen*) seperti *orogenesis* dan *epirogenesis*, magmatisme dan aktivitas vulkanisme, sedangkan yang bekerja dipermukaan bumi (*eksogen*), seperti pelapukan, erosi, sedimentasi, dan lain sebagainya. Proses geologi tersebut telah memberi andil terhadap perubahan bentuk bentang alam (*landscape*) dan kekuatan batuan yang ada di permukaan bumi. Hal ini ada yang berdampak positif pada kehidupan manusia seperti keadaan bentang alam yang ramah, sifat fisik/keteknikan batuan dan tanah yang mampu menopang bangunan, tersedianya sumber air dan sumber daya mineral, serta tersedianya sumber daya lainnya. Sedangkan, dampak negatif pada kehidupan manusia, di antaranya bentang alam yang rapuh untuk menopang bangunan, sehingga jika terjadi gempa bumi atau erupsi gunung api dapat menimbulkan bahaya geologi seperti banjir bandang, gerakan tanah, likuifaksi, penurunan tanah dan lain sebagainya. Oleh karena itu, arahan geologi lingkungan diperlukan untuk memberi keamanan dan kenyamanan bagi kehidupan manusia.

Sinopsis tersebut di atas dapat dijelaskan pula melalui diagram alir (*flow chart*) seperti terlihat pada Gambar 124.



Gambar 9.1 Diagram alir yang menunjukkan proses geologi yang berdampak pada kehidupan manusia dan lingkungan sekitarnya, baik positif maupun negatif sehingga membutuhkan sintesis geologi lingkungan untuk rekomendasi penataan ruang dan pengelolaan lingkungan.

Proses dan dinamika geologi yang berlangsung di muka bumi itu berlaku pula di wilayah Cekungan Garut saat ini, baik yang berdampak positif maupun negatif.

Dampak Negatif:

1. Secara geologis, wilayah Cekungan Garut (termasuk Cekungan Leles) saat ini berada pada zona tektonik aktif yang menghasilkan banyak gunung api aktif dengan kejadian gempa yang relatif sering ditemukan. Data seismik BMKG melaporkan

gempa terakhir di Garut (101 km barat daya kota Garut) terjadi pada 6 April 2016, dengan kekuatan 6,1 skala Richter dengan pusat gempa di kedalaman 10 km. Aktifnya daerah ini secara tektonik juga ditunjukkan oleh nilai dengan skala dari rendah hingga tinggi. Aktif secara tektonik juga dibuktikan dengan ditemukannya sisi licin pada breksi gunungapi hasil erupsi terakhir Gunung Guntur dan adanya struktur sedimen lunak di batulumpur diyakini sebagai endapan danau purba. Graben yang terjadi di bawah tekanan ekstensional memperdalam Cekungan Garut seiring reaktivasi sesar dan aktivitas magmatik yang sering meningkat menyebabkan terbentuknya berbagai gunung api yang mengelilingi Cekungan Garut pada saat lempeng masih subduksi, kontinuitas reaktivasi sesar menyebabkan pensesaran pada vulkanik muda, seperti yang terjadi di kompleks gunung api Cakrabuana. Adanya tektonik aktif hingga saat ini, ditunjukkan oleh sistem sungai berkelok-kelok (*Meandering*) Cimanuk yang dipengaruhi oleh struktur sesar.

2. Sebagian besar bentang alam Cekungan Garut berupa perbukitan vulkanik dengan kemiringan sedang hingga curam, hal ini dipengaruhi oleh batuan yang umumnya tidak terkonsolidasi dengan baik, sehingga banyak wilayah terancam longsor, terutama pada musim hujan atau akibat gempa. Beberapa tanah longsor besar telah terjadi di antaranya, di wilayah Nagrek, menyebabkan gangguan koneksi kereta api dari Bandung ke Garut. Peristiwa lain seperti longsor atau runtuh puing juga terjadi di wilayah sekitar Kadungora-Leles.
3. Gunung Guntur yang merupakan salah satu gunung api aktif di wilayah Kabupaten Garut bagian Utara sewaktu-waktu dapat meletus kembali yang memungkinkan menimbulkan dampak kerusakan yang besar bagi masyarakat sekitar. Apalagi dengan pesatnya pertumbuhan penduduk saat ini di sekitar lereng timur yang kini menjadi kawasan wisata.
4. Banjir juga sering terjadi di Cekungan Garut, meliputi daerah aliran sungai (DAS) hulu Cimanuk, terutama yang mengalir di tengah Kota Garut. Banjir bandang besar baru-baru ini terjadi

pada 21 September 2016 menyebabkan banyak korban jiwa.

Dampak positif:

1. Pada tinggian Cekungan Garut memiliki banyak gunung berapi aktif, seperti Gunung Guntur, Gunung Patuha, Gunung Malabar dan Papandayan. Di antara gunung berapi tersebut telah digunakan sebagai sumber energi panas bumi, kawasan wisata, dan pengembangan perkebunan dan pertanian.
2. Batuan vulkanik dari gunung berapi dikenal sebagai batuan porositas dan permeabilitas tinggi berperan sebagai wilayah imbunan air tanah yang baik untuk mengisi pori-pori batuan bawah tanah sebagai akuifer. Sedangkan, air permukaan yang mengalir dari pegunungan ke wilayah pedataran, sebagian akan tergenang pada batuan yang kedap air sebagai situ danau yang perlu di konservasi dan dapat dimanfaatkan sebagai embung air dan obyek wisata alam.
3. Pelapukan batuan vulkanik di wilayah pegunungan di sekitar Cekungan Garut menghasilkan tanah yang subur dan telah dimanfaatkan sebagai lahan pertanian dan perkebunan. Sementara yang tidak subur telah dimanfaatkan sebagai tanah urug dan bahan bangunan.
4. Bentang alam Cekungan Garut yang datar dan banyak mengandung air tanah telah digunakan sebagai pusat pemerintahan, pemukiman dan lahan pertanian.
5. Hampir seluruh bentang alam Cekungan Garut kaya akan sumber daya geologi terutama sebagai bahan baku untuk kebutuhan pembangunan infra struktur seperti jalan, jembatan, permukiman, bendungan, dan lain sebagainya. Juga di beberapa tempat banyak mengandung mineral logam yang ekonomis. Semua sumber daya geologi ini adalah produk dari magmatik dan vulkanisme yang telah maupun yang sedang berlangsung.

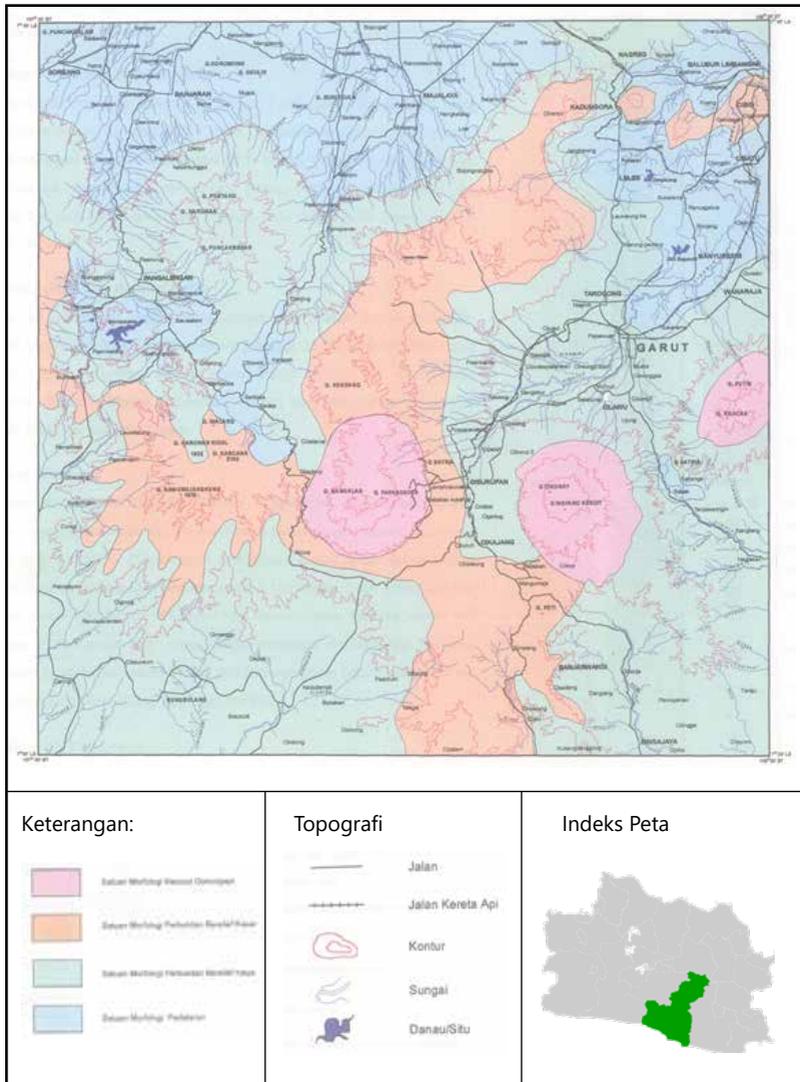
Geologi Lingkungan Cekungan Garut

Dua faktor penting dalam analisis geologi lingkungan adalah faktor sumber daya geologi dan faktor bahaya geologi. Faktor sumberdaya geologi merupakan faktor yang memberi rasa aman dan nyaman bagi manusia, sedangkan faktor bahaya geologi merupakan faktor kendala atau limitasi bagi manusia. Faktor yang menunjang keberhasilan pengembangan suatu wilayah tidak lepas hubungannya dari berbagai faktor lingkungan, baik lingkungan geologi maupun lingkungan hayati. Faktor lingkungan geologi yang berpengaruh seperti faktor topografi, geomorfologi, kekuatan batuan, sumber daya air, dan sumber daya bahan bangunan.

Geomorfologi

Geomorfologi merupakan sebuah ilmu yang mempelajari tentang bentuk bentang alam dan proses yang membentuknya. Berdasarkan proses tersebut wilayah Cekungan Garut dapat diklasifikasikan menjadi empat satuan, yaitu (lihat Gambar 9.2): 1) bentang alam kerucut gunungapi; 2) bentang alam perbukitan berelief kasar; 3) bentang alam perbukitan berelief halus dan 4) bentang alam pedataran.

- **Bentang Alam Kerucut Gunungapi**, umumnya mempunyai ketinggian lebih dari 1.500 mdpl dan memiliki lembah sempit dengan kemiringan lereng lebih dari 40%. Pola aliran sungai memancar (*radial*) bersumber dari puncak gunung, yang merupakan ordo sungai 1 dengan kerapatan sungai tinggi hingga sangat tinggi. Pegunungan yang mengelilingi pedataran Cekungan Garut merupakan rangkaian gunung api Kuartar yang dapat dikategorikan muda dan tua yang terdiri atas Kompleks Gunung Guntur, Gunung Haruman, dan Gunung Kamojang di sebelah utara; Gunung Kendang dan Gunung Papandayan di sebelah barat; Gunung Cikuray di sebelah selatan; Kompleks Gunung Karacak dan Gunung Galunggung disebelah tenggara; dan Kompleks Gunung Talagabodas dan Kompleks Gunung Karaha di sebelah timur. Batuan penyusun satuan ini adalah



Gambar 9.2. Peta Geomorfologi wilayah Cekungan Garut

lahar, lava andesit dan breksi vulkanik.

- **Bentang Alam Perbukitan Berelief Kasar**, mempunyai ketinggian antara 500 hingga 1.865 m.dpl. Karakteristik yang umum dijumpai pada satuan ini umumnya berelief sangat kasar, berlembah sempit dan berlereng terjal hingga curam. Kemiringan lereng berkisar antara 15 % hingga > 40 %. Pola aliran sungai berbentuk sub-dendritik dan sebagian sub-paralel. Batuan penyusun satuan ini adalah endapan vulkanik tua yang terdiri atas breksi vulkanik, lava andesit, tufa gelas, dan bongkah-bongkah andesit - basal.
- **Bentang Alam Perbukitan Berelief Halus**, menempati bagian utara, tengah dan selatan wilayah Cekungan Garut, dicirikan dengan kemiringan lereng berkisar antara 2% hingga 15%, lembah lembah agak landai dan sungai-sungai mempunyai gradien rendah hingga sedang. Pola aliran sungai mempunyai bentuk dendritik hingga sub-paralel. Batuan penyusun satuan ini berupa endapan volkanik muda dan endapan Tersier.
- **Bentang Alam Pedataran**, yang berada di dalam Cekungan Garut tempat tumbuhnya Kota Garut yang ditengahnya dihiasi oleh kelokan-kelokan aliran Sungai Cimanuk bagian Hulu dan di bagian utara terdapat pedataran antar gunung berbentuk tapal kuda yang merupakan tempat aliran Sungai Cimanuk bagian Hulu keluar dari dalam Cekungan Garut yang terus mengalir ke bendungan Jatigede, dan berlanjut ke pantai utara Jawa Barat di Kabupaten Indramayu. Sumber air sungai besar ini berasal dari anak-anak sungai yang mengalir dari rangkaian pengunungan disekeliling Cekungan Garut dengan pola aliran anak-anak sungai umumnya dendritik dan sebagian anastomatik. Secara umum, bentang alam pedataran menunjukkan relief datar dan setempat landai dengan kemiringan lereng <2%, setempat lebih dari 15%. Morfologinya menunjukkan kontur sangat jarang dengan ketinggian berkisar 700 - 800 m.dpl. Batuan penyusun satuan ini berasal dari hasil rombakan batuan yang lebih tua dan diendapkan sebagai endapan alluvial dan kipas alluvial.

Sifat Fisik Tanah dan Batuan

Sifat fisik dan keteknikan tanah dan batuan merupakan informasi yang menunjukkan gejala-gejala geologi dari aspek kekuatan dan kelemahan geologi sehingga diantaranya dapat diterangkan keadaan daya dukung tanah untuk fondasi bangunan dan kemantapan lereng bila dilakukan pemotongan lereng untuk berbagai pembangunan fisik. Informasi ini umumnya diterapkan dalam pembangunan infrastruktur seperti tahap menentukan lokasi, desain, dan konstruksi bangunan. Adapun kondisi sifat fisik dan keteknikan tanah dan batuan wilayah Cekungan Garut didasarkan pada hasil kajian Yuswar, dr., (1998) dan kemudian dimodifikasi oleh Oki Oktariadi, dr., (2020). Sebaran setiap satuan dapat dilihat pada peta geologi lingkungan (Gambar 9.3).

• *Satuan Aluvium (GT 1)*

Endapan aluvium terdiri atas lempung, lempung pasiran, pasir lempungan mengandung kerikil, berwarna abu-abu kecoklatan-coklat kekuningan, lunak hingga agak lepas, kelulusan kecil hingga sedang. Secara empiris, dari nilai parameter teknis yang terdiri atas berat isi asli: 1,475 hingga 1,748 g/cm³; kohesi (C): 0,281⁰ hingga 0,247⁰ kg/cm²; dan sudut geser dalam: (12,685⁰ hingga 4,080⁰), maka dengan menggunakan rumusan dari Terzaghi (1946) dapat dihitung daya dukung diijinkan untuk fondasi dangkal, yaitu sebesar 10,9 ton/m² hingga 4,7 ton/m².

• *Satuan Gunung Api Muda Rempah Lepas (GT 2)*

Secara visual, umumnya satuan ini berwarna abu-abu tua, agak lepas, kelulusan sedang hingga tinggi. Pada batuan rempah lepas tuf bersifat rapuh dan gembur, sedangkan komponenn berukuran bongkah batuan andesit segar dan keras. Batuan yang telah mengalami pelapukan lanjut bersifat lempung, kelulusan sedang, gembur, dan tebal kurang dari 5 meter. Secara empiris, dengan menggunakan rumusan dari Terzaghi (1946), nilai parameter teknis yang terdiri atas berat isi asli: 1,369 g/cm³; kohesi (C): 0,163 kg/cm²;

dan sudut geser dalam dalam: $6,862^{\circ}$, dapat dihitung daya dukung diijinkan untuk fondasi dangkal, yaitu sebesar $4,3 \text{ ton/m}^2$ dan kemantapan lereng dengan sudut kritis sebesar 24° . Satuan gunung api rempah lepas ini telah melapuk menjadi tanah yang memiliki sifat fisik sifat fisik gembur, mudah hancur, lunak bila terkena air, dan dalam keadaan kering retak-retak, sehingga pada lereng yang terjal kurang mantap bila dilakukan pembangunan. Kehati-hatian pembangunan pada wilayah seperti ini harus menjadi prioritas.

• **Satuan Gunung Tak Teruraikan (GT 3)**

Satuan ini terdiri atas tufa, breksi, dan lava. Satuan ini secara fisik berwarna abu-abu muda hingga kecoklatan, agak rapuh, kelulusan rendah, bersifat agak padat, konsistensi kuat hingga teguh, dan gradasi baik. Tingkat pelapukan umumnya tinggi dan bagian permukaannya telah lapuk lanjut dan berubah menjadi fraksi halus bersifat lanau lempungan. Ketebalan tanah lapukan ini bervariasi, pada lapisan tuf lebih tebal hingga mencapai sekitar 8 meter, sedangkan pada lapisan lava kurang dari 2 meter. Secara empiris, dengan menggunakan rumusan dari Terzaghi (1946) nilai parameter teknis yang terdiri atas berat isi asli asli: $1,118 \text{ g/cm}^3$; kohesi (C): $0,117 \text{ kg/cm}^2$; dan sudut geser dalam: $17,998^{\circ}$, dapat dihitung daya dukung diijinkan untuk fondasi dangkal, yaitu sebesar $6,2 \text{ ton/m}^2$ dan kemantapan lereng dengan sudut kritis sebesar 24° . Lereng yang tidak mantap disebabkan oleh perbedaan sifat fisik antara tuf yang mempunyai sifat meluluskan air lebih dan batuan lava yang terletak dibawahnya yang kedap air. Kondisi keairan dan lereng yang terjal menyebabkan terjadinya lereng tidak mantap sehingga perlu kehati-hatian dalam pengembangan wilayah.

• **Satuan Breksi Tufaan (GT 4)**

Satuan ini secara fisik berwarna abu-abu kecoklatan agak rapuh, kelulusan kecil, mudah luruh dalam keadaan kering, komponen batuan beku andesitik agak lapuk, berukuran kerikil hingga kerakal. Satuan ini susunannya lebih dominan breksi endapan, sisipan tufa dan batupasir. Tingkat pelapukan umumnya sedang hingga tinggi

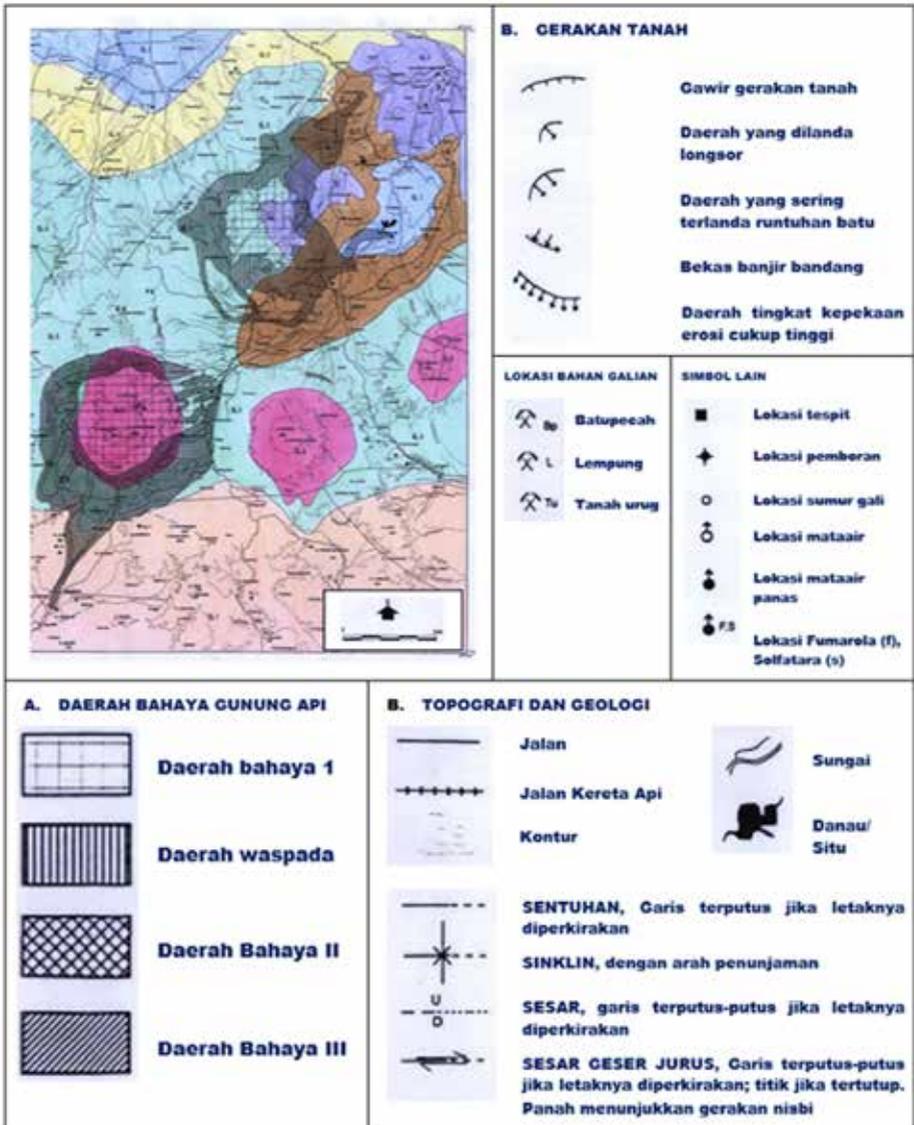
(*moderately-highly weanthered*), dan bahkan dibagian permukaan tingkat pelapukannya sudah lanjut dan telah berubah menjadi mineral fraksi halus dengan sifat lempung dan lanau, ketebalan kurang dari 5 meter, sedangkan pada lapisan lava kurang dari 2 meter. Secara empiris, dengan menggunakan rumusan dari Terzaghi (1946) nilai parameter teknis yang terdiri atas berat isi asli ($1,575 \text{ g/cm}^3$; kohesi (C): $0,175 \text{ kg/cm}^2$; dan sudut geser dalam: $17,998^\circ$, dapat dihitung daya dukung diijinkan untuk fondasi dangkal, yaitu sebesar $8,5 \text{ ton/m}^2$ dan kemantapan lereng dengan sudut kritis sebesar 24° . Lereng yang tidak mantap disebabkan faktor susunan batuan perselingan tufa, batupasir, dan breksi. Batuan tufa mempunyai sifat lunak bila terkena air dan agak kepad, berfungsi sebagai bidang gelincir dari batuan di atasnya yaitu batupasir dan breksi yang rapuh.

• **Satuan Gunung Api Muda (GT 5)**

Satuan ini secara visual berwarna abu-abu tua hingga coklat muda keabuan, kelulusan sedang, komponen batuan beku andesitik dan lava, umumnya segar. Tingkat pelapukan pada umumnya sedang dan pada permukaan tanah tingkat pelapukan tinggi dengan ketebalan kurang dari 5 meter. Secara empiris, dengan menggunakan rumusan dari Terzaghi (1946) nilai parameter teknis yang terdiri atas berat isi asli: $1,475 \text{ g/cm}^3$; kohesi (C): $0,281 \text{ kg/cm}^2$; dan sudut geser dalam: $12,685^\circ$, dapat dihitung daya dukung diijinkan untuk fondasi dangkal, yaitu sebesar $10,8 \text{ ton/m}^2$ dan kemantapan lereng dengan sudut kritis sebesar 32° . Umumnya lereng cukup mantap pada tanah pelapukan.

• **Satuan Kerucut Gunung Api (GT 6)**

Pada satuan ini tidak dilakukan perhitungan daya dukung tanah dan kemantapan lereng, karena satuan ini berstatus sebagai kawasan lindung, artinya kawasan ini bukan daerah terbangun. Namun, pengamatan secara megaskopis dilapangan menunjukkan batuan pada kerucut gunung api yang menempati Gunung Papandayan, Gunung Cikuray, dan Gunung Karacak umumnya terdiri atas tufa



Gambar 9.3a. Peta Sifat Fisik dan Keteknikan Tanah dan Batuan, wilayah Cekungan Garut

SATUAN GEOLOGI TEKNIK	CIRI SIFAT FISIK TANAH DAN BATUAN		
	MORFOLOGI	LITOLOGI	DESKRIPSI
GL 1	Pedataran	Lempung, lanau, pasir halus-kasar	Coklat kehitaman - coklat kemerahan lunak, plastisitas rendah - sedang, kelulusan rendah - sedang, daya dukung sedang
GL 2	Pedataran - perbukitan berelief halus	Tufa pasiran, abu gunungapi, rempah lepas berupa tufa pasiran dan bongkah andesit basal	Coklat kemerahan - merah kecoklatan, mengandung banyak bongkah batuan beku andesit, kelulusan sedang, konsistensi agak padat-lunak, plastisitas rendah - sedang, lava, daya dukung sedang
GL 3	Perbukitan berelief halus - berelief kasar.	Lava; bersusunan andesit basal, tufa berbatu apung. Persebaran lava breksi dan tuff.	Lava, abu-abu kehitaman, kompak dan keras, sebagian agak lapuk, daya dukung tinggi. Tufa; coklat kemerahan, lunak-padat, plastisitas sedang-tinggi, kelulusan rendah, daya dukung sedang
GL 4	Pedataran perbukitan berelief halus	Tufa berbatu apung dan breksi	Kuning kecoklatan, lunak-agak padat, kelulusan rendah, daya dukung sedang. Breksi ; setempat telah lapuk lanjut, agak keras.
GL 5	Perbukitan berelief halus - perbukitan berelief kasar	Lava, tuff dan breksi lahar	Abu-abu kehitaman, hingga abu-abu kecoklatan , keras kompak dan padat, sebagian lapuk lanjut, daya dukung tinggi.
GL 6	Kerucut gunungapi	Tuff kaca halus mengandung batu apung dan lava aliran	Coklat kekuningan - coklat ke abu abuan , lunak-agak padat, kelulusan rendah, setempat terdapat lava, daya dukung tinggi.
GL 7	Perbukitan berelief halus - perbukitan berelief kasar	Tufa, breksi tuf dan batu pasir tufaan, setempat konglomeratan.	Coklat kemerahan - coklat kekuningan , agak padat - keras dan kompak, kelulusan sedang - tinggi , daya dukung sedang - tinggi.

Gambar 9.3b. Keterangan peta Sifat Fisik dan Keteknikan Tanah dan Batuan, wilayah Cekungan Garut.

mengandung batupung dan lava, berwarna coklat kekuning-kuningan hingga coklat ke abu-abuan, bersifat lunak hingga agak padat, dan kelulusan rendah. Dengan demikian, berdasarkan sifat fisik batuanya dapat diperkirakan memiliki daya dukung tinggi.

• **Satuan Batu Pasir Tufa (GT 7)**

Satuan batu pasir tufa ini dari formasi bentang pada batuan yang masih segar berwarna abu-abu muda hingga kecoklatan, agak kompak, dan kelulusan kecil. Tanah lapukan berwarna coklat kekuningan, lunak, kelulusan kecil hingga sedang, ketebalan kurang dari 5 meter. Secara empiris, dengan menggunakan rumusan dari Terzaghi (1946) nilai parameter teknis yang terdiri atas berat isi asli: $1,464 \text{ g/cm}^3$; kohesi (C): $0,193 \text{ kg/cm}^2$; dan dengan sudut geser dalam: $14,732^\circ$, dapat dihitung daya dukung diijinkan untuk fondasi dangkal, yaitu sebesar $8,0 \text{ ton/m}^2$ dan kemantapan lereng dengan sudut kritis sebesar 26° .

Sumber Daya Air

Dalam pengembangan wilayah, sumber daya air merupakan kriteria utama yang selalu diperhitungkan oleh para perencana dan pengambil kebijakan, karena hampir seluruh kegiatan hidup di muka bumi ini tidak dapat dipisahkan dari sumberdaya air. Alam tidak menyediakan sumber-daya air begitu saja kepada manusia. Usaha ke arah pencapaian kebutuhan air di segala bidang telah dilakukan manusia, yaitu melalui manipulasi proses hidrologi dan hidrogeologi dengan memperhatikan semua segi yang mempengaruhi daur air dan interaksinya dalam suatu kejadian.

Potensi sumber daya air yang dimiliki Cekungan Garut, termasuk dampak pembangunan dan penanganannya terhadap sumberdaya air dalam suatu CAT (Cekungan Air Tanah) maupun DAS (Daerah Aliran Sungai) diuraikan dalam bab ini. Uraian sumberdaya air tidak hanya membahas aspek hidrologi dan hidrogeologi saja, tetapi mencakup ekosistem meliputi komponen fisik dan komponen biologi. Komponen fisik berupa

batuan, tanah, topografi, atmosfer termasuk faktor-faktor iklim didalamnya. Sedangkan komponen biologis meliputi flora dan fauna daratan dan perairan serta manusia yang menjadi peran utama. Juga, tidak kalah pentingnya mengulas dampak negatif akibat kelebihan aliran air yang dapat menyebabkan banjir (*flood*), longsor (*land slide*), likuefaksi, dan erosi. Dampak negatif lainnya adalah kekeringan akibat menurunnya debit air yang sangat rendah pada musim kemarau.

Informasi sumber daya air dapat dikumpulkan dari berbagai hasil penelitian-penelitian yang di publikasikan dalam jurnal, laporan penelitian, buku, dan lain sebagainya. Berdasarkan hasil kompilasi dan analisis berbagai data tersebut, maka sumber daya air di wilayah Cekungan Garut dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian, yaitu: air permukaan, air tanah, dan mata air.

• **Air Permukaan**

Air permukaan dapat berupa air sungai, air danau dan air rawa. Dari ketiga jenis air permukaan tersebut, air sungai memiliki peran strategis, baik secara regional maupun nasional. Dalam hal ini wilayah Cekungan Garut merupakan bagian tak terpisahkan dari DAS Cimanuk yang merupakan salah satu dari tujuh sungai besar yang ada di Jawa Barat dengan luas DAS sekitar 347.697 ha, mencakup wilayah pemerintahan Garut, Sumedang, Majalengka, dan Indramayu.

Sungai sepanjang 337,67 km ini merupakan sungai terpanjang kedua di Jawa Barat yang berasal dari lereng-lereng pegunungan di wilayah Cekungan Garut, kemudian mengalir ke arah timur laut sepanjang 180 km dan bermuara di Laut Jawa di Kabupaten Indramayu. DAS Cimanuk ini mampu menyediakan 2,2 miliar m³ air per tahun yang berasal dari curah hujan dengan intensitas antara 1.500 hingga 3.000 mm/tahun terutama untuk kebutuhan utama irigasi lahan pertanian.

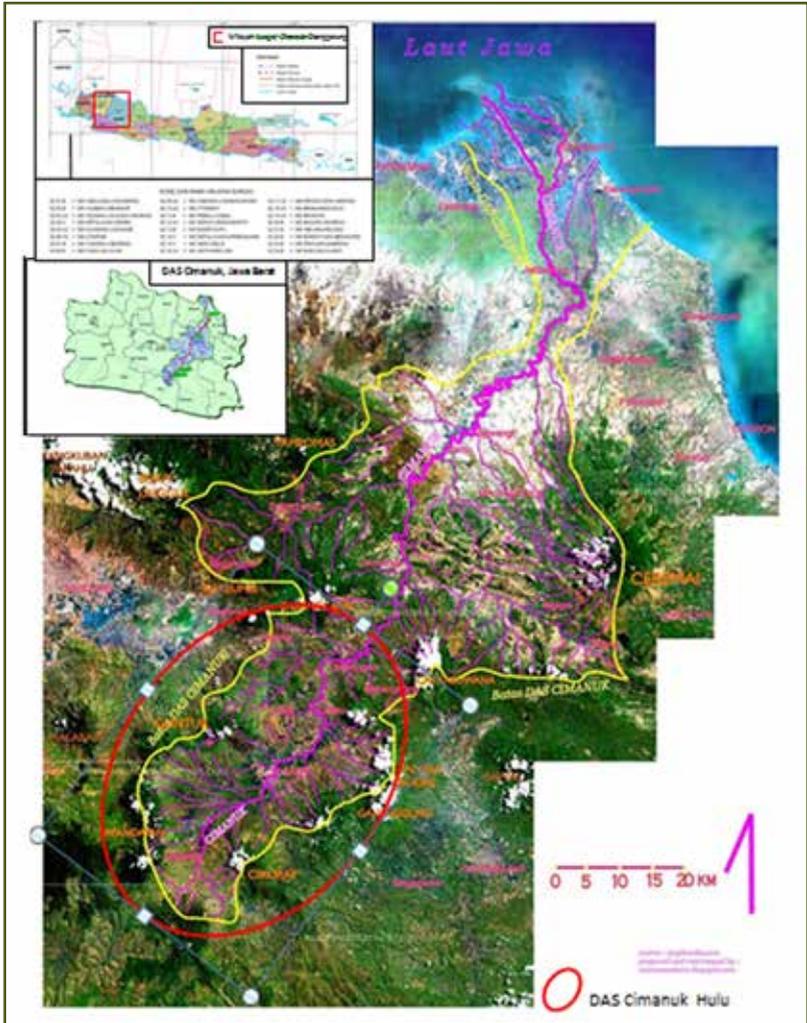
Bagian hulu DAS Cimanuk yang ada di wilayah Cekungan Garut di kenal dengan sebutan DAS Cimanuk Hulu, (lihat Gambar 9.4).

Memang DAS Cimanuk ini berawal di wilayah Cekungan Garut yang mengalir dari lereng-lereng pegunungan, diantaranya dari Gunung Guntur, Papandayan, Cikuray, Karacak, dan Talagabodas. Sedangkan hulu terjauhnya berawal dari Gunung Puncakgede (1.805 mdpl) hingga pertemuan dengan S.Cilutung di wilayah Tomo.

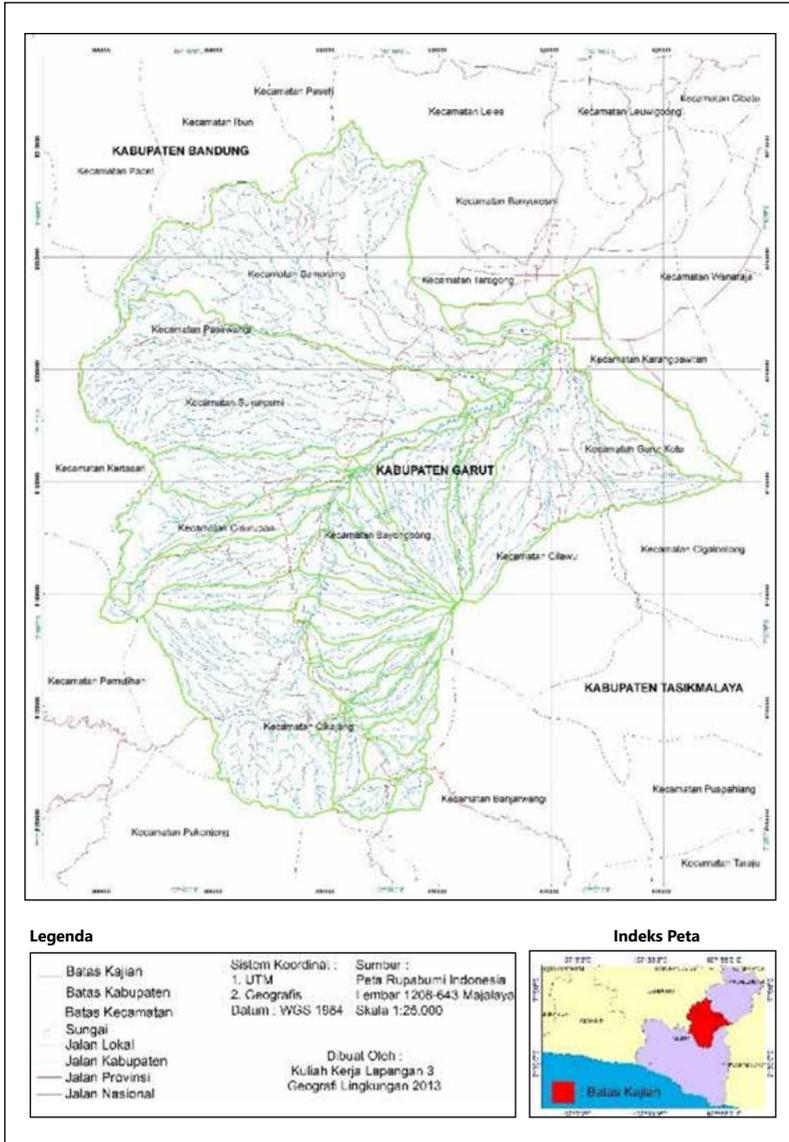
DAS Cimanuk Hulu (Gambar 9.5), memiliki luas sekitar 1.981 km² menyerupai bulu burung dengan sumbu panjang berarah relatif N35°E. Lebar maksimum DAS mencapai 39,04 km dengan panjang DAS sekitar 83,12 km. Hampir semua sungai dan anak sungai-anak sungai yang dijumpai di DAS Cimanuk Hulu ini merupakan sungai abadi yang selalu berair sepanjang tahun dengan fluktuasi musiman. Hal ini berhubungan erat dengan curah hujan yang tinggi dan sifat fisik batuan dasar dan permukaan berasal dari batuan produk gunung api di sekitar Cekungan Garut.

Baik buruknya kualitas dari sirkulasi tersebut sangat tergantung dari baik buruknya struktur DAS itu sendiri. DAS yang dimaksud adalah sebuah struktur dari semua komponen dan sub komponen serta morfometri yang menyusun suatu keadaan muka bumi. Sedangkan struktur DAS adalah pergerakan suatu aliran energi seperti sirkulasi air dan hara. Dengan perkataan lain kualitas komponen-komponen penyusun suatu ekosistem mempengaruhi kualitas sirkulasi airnya. Oleh karena itu, dibutuhkan pengelolaan DAS dalam upaya manusia mengendalikan hubungan timbal balik antara sumber daya alam dengan manusia di dalam DAS dan segala aktivitasnya.

Pengelolaan DAS tersebut bertujuan membina kelestarian dan keserasian ekosistem serta meningkatkan kemanfaatan sumber daya alam bagi manusia secara berkelanjutan. Pembangunan tidak saja menghasilkan manfaat, melainkan juga membawa risiko, dengan kata lain adanya manfaat dan risiko tidak terpisahkan serta dalam tataran pengembangan wilayah selalu bersifat dilema dari pandangan berbagai pihak terhadap dilema ini umumnya berlainan. Jalan keluar terhadap pandangan manfaat dan risiko yang berlainan dapat diminimalisir melalui perhitungan ilmiah secara sungguh-sungguh.



Gambar 9.4. Daerah aliran Sungai Cimanuk, Jawa Barat, merupakan bagian dari Wilayah Sungai Cimanuk-Cisanggarung, Jawabar-Jawa Tengah menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomor 04/Prt/M/2015 Tentang Kriteria dan Penetapan Wilayah Sungai.



Gambar 9.5. Daerah Aliran Sungai (DAS) Cimanuk Hulu yang berada di wilayah Kabupaten Garut, Jawa Barat.

Risiko yang dihasilkan dari hasil perhitungan dapat di terima sebagai biaya manfaat yang di ambil, karena hanya memperhatikan manfaatnya saja dapat membahayakan lingkungan, sebaliknya hanya memperhatikan risiko saja akan menimbulkan pertentangan. Demikian pula, bila tidak berbuat sesuatupun akan ada orang yang setuju dan tidak setuju. Namun, apabila tidak berbuat sesuatu atau tidak melakukan pembangunan, diduga mutu hidup akan menurun. Dengan demikian, masalahnya bukanlah membangun atau tidak membangun, melainkan bagaimana membangun agar sekaligus mutu lingkungan dan mutu hidup dapat terus ditingkatkan.

Dinamika pembangunan di wilayah Cekungan Garut yang terus meningkat menyebabkan peran pengelolaan DAS Cimanuk Hulu secara regional maupun nasional semakin penting. Peran itu di mulai sejak awal 1980 terutama untuk memenuhi kebutuhan irigasi di sektor pertanian, sedangkan peran penting secara nasional diantaranya terjadi pada tahun 1992 ketika DAS Cimanuk Hulu menjadi bagian tak terpisahkan dalam berbagai penelitian untuk mendukung rencana pembangunan Waduk Serbaguna Jatigede. Waduk ini dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang terus meningkat di Pulau Jawa dan memenuhi kebutuhan irigasi, industri, dan domestik yang semakin meningkat pula. Bersyukur Waduk Jatigede telah diresmikan pada 2015 silam dengan luas mencapai 4.983 hektar, mulai tergenang air secara keseluruhan pada tahun 2016 dan beroperasi secara penuh pada tahun 2017.

Peran strategis DAS Cimanuk Hulu berdampak pada pengelolaannya yang harus ditangani secara khusus, apalagi DAS ini merupakan salah satu dari 42 DAS di Indonesia yang tergolong kritis dan mendapatkan prioritas untuk ditangani. Luas lahan kritis yang dimaksud diperkirakan mencapai 109.444 ha dengan besar rata-rata sedimen tahunan mencapai 932 ton km² th⁻¹ dan konsentrasi sedimen rata-rata 770 mg lt⁻¹ dengan fluktuasi debitnya 84:1 (di atas batas optimal 40:1) (Ditjen RRL, 1999; Ditjen RLPS, 2000).

Besar debit air yang dihasilkan oleh DAS Cimanuk Hulu, dapat mengacu pada hasil pemodelan Afid Nurkholis, drr (2016), yang

menunjukkan bahwa SUBDAS yang memiliki debit aliran tinggi berada pada bagian hulu DAS Cimanuk, yaitu berada di hulu Gunung Papandayan dan Gunung Cikuray (Gambar 9.5). Subdas dengan debit aliran sedang mengelompok pada bagian hilir. Sementara itu, SUBDAS dengan klasifikasi debit aliran rendah berada pada bagian tengah DAS meliputi wilayah Sukaresmi, Cisurupan, dan Bayongbong.

Wajar, bila wilayah Cikajang dan sekitarnya sering dikatakan sebagai penuplai debit aliran sungai yang menyebabkan banjir di wilayah pedataran Kota Garut dan sekitarnya, karena termasuk klasifikasi debit aliran sungai tertinggi di DAS Cimanuk Hulu yaitu memiliki nilai berkisar antara $39,9 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ hingga $50,1 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ pada data tahunan dan $0,11 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ hingga $0,14 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ (lihat Tabel 9.1).

Kondisi debit aliran yang tinggi di wilayah Cikajang tersebut berkorelasi dengan intensitas curah hujan di DAS Cimanuk Hulu (lihat Gambar 9.6). Berdasarkan data curah hujan 5 tahunan (2009-2013) dari Stasiun Tarogong, Pamegatan, Kepakan, dan Pangauban, memperlihatkan intensitas curah hujan di sekitar wilayah Cikajang yang meliputi wilayah Gunung Papandayan dan Gunung Cikuray tertinggi antara 2941-3154 mm. Intensitas curah hujan semakin berkurang ke arah utara mengikuti topografi yang semakin landai dan rerata curah hujan terendah berada di Kecamatan Cisurupan antara 1022- 1236 mm.

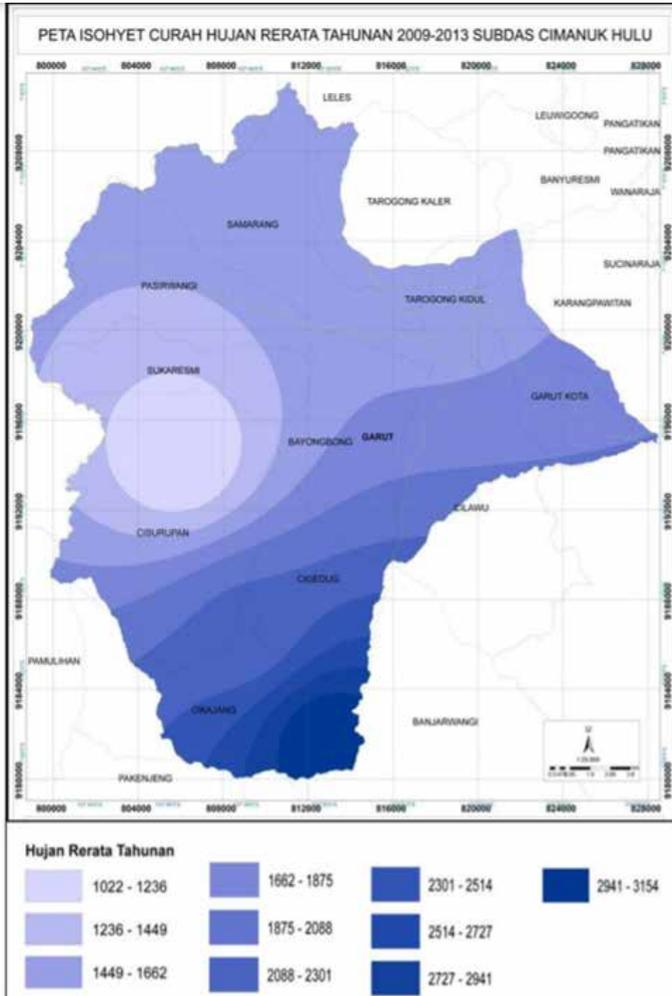
• **Air Tanah**

Air tanah akan terbentuk dan terakumulasi dalam lapisan pembawa air atau disebut sebagai akuifer. Akuifer adalah lapisan batuan yang dapat mengandung air bawah tanah melalui ruang antar butir, celahan, dan rekahan ataupun gabungan dari ketiganya yang mempunyai kemampuan untuk meluluskan air. Sumber daya air tanah di wilayah Cekungan Garut cukup melimpah dan dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu air tanah dangkal, air tanah dalam, dan mata air.

Tabel 9.1. Debit Rerata Tahunan dan Harian DAS Cimanuk Hulu

Subdas	Luas Subdas (km ²)	Debit Rerata Tahunan		Debit Rerata Harian	
		m ³ /s/km ²	Klasifikasi	m ³ /s/km ²	Klasifikasi
1	93.517	25.9	Sedang	0.07	Sedang
2	79.254	16.1	Rendah	0.04	Rendah
3	17.617	16.2	Rendah	0.04	Rendah
4	14.460	16.1	Rendah	0.04	Rendah
5	5.628	16.2	Rendah	0.04	Rendah
6	15.028	16	Rendah	0.04	Rendah
7	4.865	16.3	Rendah	0.04	Rendah
8	7.664	16.2	Rendah	0.04	Rendah
9	51.478	39.9	Tinggi	0.11	Tinggi
10	1.774	14.7	Rendah	0.04	Rendah
11	6.495	16.3	Rendah	0.04	Rendah
12	16.228	16.1	Rendah	0.04	Rendah
13	5.699	16.1	Rendah	0.04	Rendah
14	1.280	49.8	Tinggi	0.14	Tinggi
15	4.256	49.9	Tinggi	0.14	Tinggi
16	45.237	26.5	Sedang	0.07	Sedang
17	4.865	26.2	Sedang	0.07	Sedang
18	8.799	26.5	Sedang	0.07	Sedang
19	3.620	50	Tinggi	0.14	Tinggi
20	1.707	25.7	Sedang	0.07	Sedang
21	2.249	25.9	Sedang	0.07	Sedang
22	6.103	26.4	Sedang	0.07	Sedang
23	2.925	26.2	Sedang	0.07	Sedang
24	18.706	26.1	Sedang	0.07	Sedang
25	5.971	42.5	Tinggi	0.12	Tinggi
26	5.744	42.5	Tinggi	0.12	Tinggi
27	5.494	42.4	Tinggi	0.12	Tinggi
28	2.819	42.3	Tinggi	0.12	Tinggi
29	4.320	42.5	Tinggi	0.12	Tinggi
30	3.226	42.2	Tinggi	0.12	Tinggi
31	3.340	49.9	Tinggi	0.14	Tinggi
32	2.572	50	Tinggi	0.14	Tinggi
33	3.418	49.9	Tinggi	0.14	Tinggi
34	2.311	50.1	Tinggi	0.14	Tinggi
35	3.316	49.8	Tinggi	0.14	Tinggi
36	1.468	14.4	Rendah	0.04	Rendah

Air tanah dangkal atau yang lazim disebut sebagai air tanah bebas adalah air tanah yang terdapat pada lapisan pembawa air (akuifer), yang bagian atasnya tidak ditutupi oleh lapisan kedap air. Kondisi tanpa lapisan penutup ini menyebabkan tekanan hidrostatik muka



Gambar 9.6 Sebaran Curah Hujan DAS Cimanuk Hulu (2009-2013). (Sumber: Afid Nurkholis, drr (2016).

air tanah sama dengan tekanan udara luar. Penyebaran air tanah dangkal di wilayah Cekungan Garut umumnya mengikuti bentuk topografi yang ada. Di daerah dataran, air tanah ini relatif dangkal $\pm 1,50$ m, sebaliknya di daerah perbukitan air tanahnya lebih dalam ± 15 m. Fluktuatif air tanah sangat dipengaruhi oleh kondisi curah hujan dan tutupan lahan.

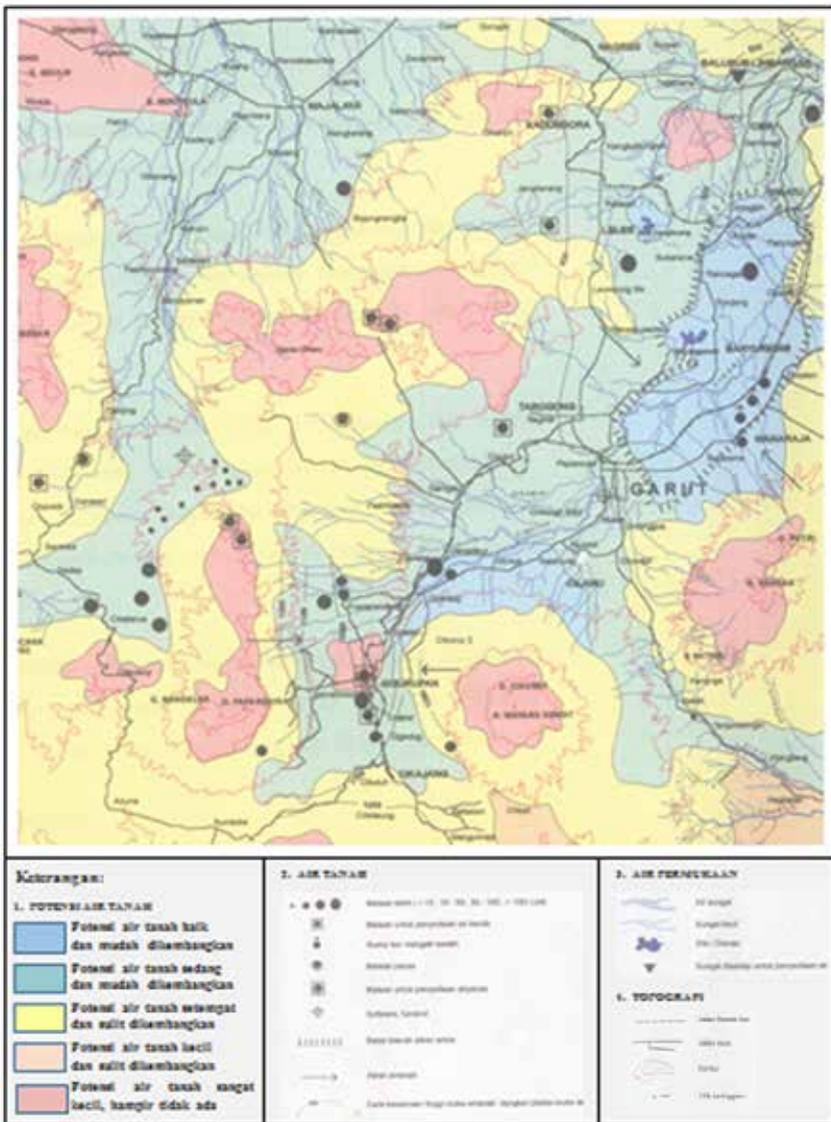
Daerah imbuh air tanah dangkal umumnya bersifat lokal dan muka air tanahnya sangat dipengaruhi oleh intensitas curah hujan setempat. Air tanah dangkal ini sudah sejak lama dimanfaatkan oleh masyarakat dengan cara membuat sumur gali ataupun sumur bor dangkal. Namun, dengan semakin maraknya pembangunan dan pengelolaan lingkungan yang tidak baik dapat menyebabkan air tanah dangkal ini mudah tercemar. Hal ini disebabkan batuan atau tanah sebagai penyimpan air belum padu dan bersifat poros. Oleh karena itu, pembuang limbah, baik limbah rumah tangga maupun industri harus dikelola dengan baik yang melibatkan semua komponen masyarakat, industri, dan pemerintah.

Air tanah dalam dikatakan juga sebagai air tanah tertekan, merupakan air tanah yang terdapat pada lapisan akuifer, dimana bagian atas dan bawahnya ditutupi oleh lapisan kedap air, sehingga mempunyai tekanan hidrostatik yang lebih besar dari tekanan udara luar (atmosfir). Cadangan air tanah tertekan tidak terpengaruh oleh curah hujan yang sifatnya lokal.

Berdasarkan kondisi geologi dan bentang alam, serta mengacu pada peta hidrogeologi Lembar Bandung skala 1 : 250.000 (Sutrisno, 1983) dan Peta Hidrogeologi Kabupaten Garut (IWACO, 1990) maka dapat dibuat Peta Sumber Daya Air wilayah Cekungan Garut (lihat Gambar 9.7) yang membaginya menjadi lima bagian potensi air tanah, yaitu:

1. **Potensi air tanah baik**

Pada umumnya mempunyai produktifitas tinggi dengan penyebaran yang luas. Air tanah ini terdapat pada material lepas endapan aluvium sungai, aluvium danau, dan piroklastika



Gambar 9.7. Peta Sumber Daya Air Tanah di Wilayah Cekungan Garut.

gunung api muda tak teruraikan. Keterdapatan air tanah dengan sistem akuifer melalui ruang antar butir, rekahan, dan celahan, umumnya berada pada cekungan air antar lembah perbukitan yang telah terisi oleh material bahan rombakan disekitarnya, sehingga pola kedudukan muka air tanah secara garis besar mengikuti bentuk bentang alam cekungan air tanahnya.

Sistem akuifer air tanah tertekan (dalam) terisi melalui ruang antar butir dan celahan. Umumnya saluran akuifer mempunyai kedalaman berkisar antara 30 meter hingga lebih dari 100 meter di bawah tanah setempat. Air tanah dalam ini mempunyai keterusan tinggi sehingga mampu menghasilkan air tanah relatif cukup besar. Dari hasil pengukuran debit pada sumur bor yang ada di daerah ini, menunjukkan debit sumur umumnya lebih dari 10 liter per detik dan sebagian airnya mengalir sendiri (artesis positif). Kelompok ini merupakan kelompok akuifer air bawah tanah dalam yang sangat potensial dengan kualitas cukup baik sehingga dapat dikembangkan untuk menunjang keperluan pengadaan air bersih Kota Garut dan sekitarnya apabila pemanfaatan air permukaan belum memadai.

2. **Potensi air tanah sedang**

Pada umumnya menempati bagian perbukitan dan sebagian dataran, terletak pada bagian tengah hingga utara dari wilahan Cekungan Garut. Litologi akuifer berasal dari hasil letusan gunung api dan endapan aluvium yang terdiri atas pasir, kerikil, dan bongkah. Keterdapatan akuifer melalui ruang antar butir dan gabungan antara ruang antar butir dengan celahan. Sebaran air tanah ini cukup luas dengan produktivitas sedang.

Air tanah dangkal pada daerah perbukitan terdapat pada zona lapukan dan bahan rombakan, sedangkan pada daerah dataran terdapat pada lapisan pasir. Kedudukan muka air tanah dangkal ini sangat bervariasi tergantung pada kondisi topografinya. Secara umum kedudukan muka air tanah dangkal kurang dari 20 meter di bawah tanah setempat.

Air tanah dalam, sistem akuifer melalui ruang antar butir

celahan dan saluran. Akuifer ini mempunyai kedalaman lebih dari 100 meter di bawah tanah setempat. Air Tanah mempunyai keterusan relatif sedang dengan keterusan kurang dari 10 liter per detik.

3. Potensi air tanah setempat produktif

Pada umumnya menempati bagian tubuh gunung api dan perbukitan. Litologi akuifer terdapat pada batuan gunung api, yaitu dengan sistem ruang antar butir dan celahan. Daerah ini mempunyai kemiringan lereng yang terjal, sehingga air hujan yang jatuh akan meresap kedalam lapisan akuifer, dan akumulasi air tanah baru akan terbentuk, atau dapat dikatakan sebagian daerah resapan. Namun demikian banyak dijumpai pemunculan mata air dengan debit cukup besar, sehingga disamping sebagai daerah resapan daerah ini pun berperan sebagai daerah pelepasan.

Secara setempat, daerah yang dapat dimanfaatkan air tanahnya yaitu daerah lembah antar perbukitan dan perbukitan landai. Pada daerah ini terdapat akumulasi yang relatif kecil namun dapat dimanfaatkan. Kedudukan muka air tanah dangkal berkisar antara 10 hingga 15 meter di bawah tanah setempat. Kondisi ini menunjukkan kedudukan air tanah sangat dalam dan sulit untuk dikembangkan, maka mata air dapat dimanfaatkan secara optimal oleh penduduk di daerah ini untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari.

4. Potensi air tanah kecil yang sulit dikembangkan

Pada umumnya menempati daerah perbukitan di selatan wilayah Cekungan Garut, umumnya di dominasi oleh batuan tua tersier. Litologi akuifer berasal dari batuan sedimen dan metamorfosa melalui sistem ruang antar butir. Wilayah ini sulit dikembangkan air tanahnya karena produktivitasnya sangat kecil, disamping kondisi bentang alam yang berbukit-bukit. Pemanfaatan air tanah dapat dilakukan dengan membuat sumur gali dan menurap mata air dengan kapasitas terbatas.

5. **Potensi air tanah langka**

Pada umumnya menempati bagian puncak-puncak gunung api dan perbukitan. Batuan penyusunnya adalah batuan kompak dan keras namun batuanannya memiliki celah dan rekahan akibat aktivitas tektonik, sehingga bersifat meluluskan air, artinya sebagai awal tempat wadah tersalurkannya air tanah.

Air hujan yang jatuh pada daerah ini sebagaimana besar akan meresap kedalam tanah dan pengaruh kemiringan lereng yang terjal maka air tanah akan cepat mengalir di tempat yang lebih rendah, sehingga belum sempat terjadi akumulasi. Kondisi ini menyebabkan air tanah sangat dalam dan sulit dikembangkan.

• **Mata air**

Mata air adalah pelepasan air tanah secara alami akibat akuifer atau aliran air tanah terpotong oleh topografi atau struktur geologi. Pemunculan air tanah berupa mata air ini terutama keluar melalui rekahan atau saluran batuan gunung api berupa batuan lava, breksi, dan tufa. Debit mata air yang cukup potensial untuk kebutuhan pengembangan wilayah di Cekungan Garut bervariasi yaitu berkisar antara 1 hingga 700 liter perdetik (lihat Tabel 9.2).

Umumnya keberadaan mata air telah dimanfaatkan untuk kebutuhan penduduk setempat dengan cara menurap. Kebutuhan lainnya adalah untuk air bersih, irigasi, dan reboisasi. Penyediaan air bersih Kota Garut dikelola oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) dengan memanfaatkan sumber mata air Jambang Kulon, Jambang Wetan, dan Cibolerang Bayongbong dengan debit keseluruhan 35 liter per detik.

Pemunculan mata air panas sebagai akibat pengaruh panas bumi dijumpai di beberapa tempat seperti di wilayah Tarogong, Wanasuka, Barusalam, dan lain-lain. Mata air panas yang telah dimanfaatkan sebagai komoditi wisata yaitu di wilayah Cipanas Tarogong, Darajat, Papandayan, dan di sekitar kawah Gunung Talagbodas.

Tabel 9.2. Lokasi dan Debit Mata Air (Karsono, 1988).

Lokasi	Debit (Lt/dt)	Litologi
Cikembul	100	Batuan gunung api
Bunianta	1	Tufa
Babakan Nengneng	2	Tufa
Cipapar	300	Breksi
Cipancar	300	Breksi
Ciburial	100	Breksi
Pananjung	20	Breksi
Citiis	200	Breksi dan lava
Cibuyutan	700	Breksi dan lava
Jambang Kulon	200	Breksi
Jambang Wetan	140	Breksi
Cibolerang	10	Breksi

• **Kualitas Air tanah Dangkal**

Secara regional kualitas air tanah dangkal di Cekungan Garut dipengaruhi oleh media tempat terdapatnya, yakni batuan gunung api, batuan sedimen, dan endapan aluvium. Air tanah yang mengalir melalui ruang antar butir pada batuan gunung api akan berinteraksi dengan medianya lebih intensif, sehingga akan mengandung mineral dari batuan gunung api.

Menurut Yuswar, dr., (1999), secara alami kandungan unsur kimia didominasi oleh kalsium (Ca) dan bikarbonat (CaCO_3), merupakan ciri utama air tanah pada batuan gunung api. Sedangkan kandungan unsur fisika hasilnya baik, tidak ada yang melebihi maksimum yang diperbolehkan. Komponen yang menonjol yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan apabila dikonsumsi secara terus menerus dalam skala waktu tertentu adalah kandungan unsur besi (Fe^{3+}), mangan (Mn^{2+}) di beberapa tempat pengambilan, seperti di Desa Sukatani, Kecamatan Banyurani, dan Desa Nagreg. Faktor penyebab tingginya kandungan besi dan mangan ini tidak terlepas dari batuan asalnya yaitu batuan gunung api yang pada

bagian tertentu banyak terdapat kandungan besi dan mangan. Untuk menetralkan kandungan unsur besi dan mangan ini dapat dilakukan penjernihan air (*water treatment*) dengan mengikat unsur tersebut melalui cara sederhana dengan media pengikat seperti ferrosorb dan aerasi.

Sumber Daya Non Logam

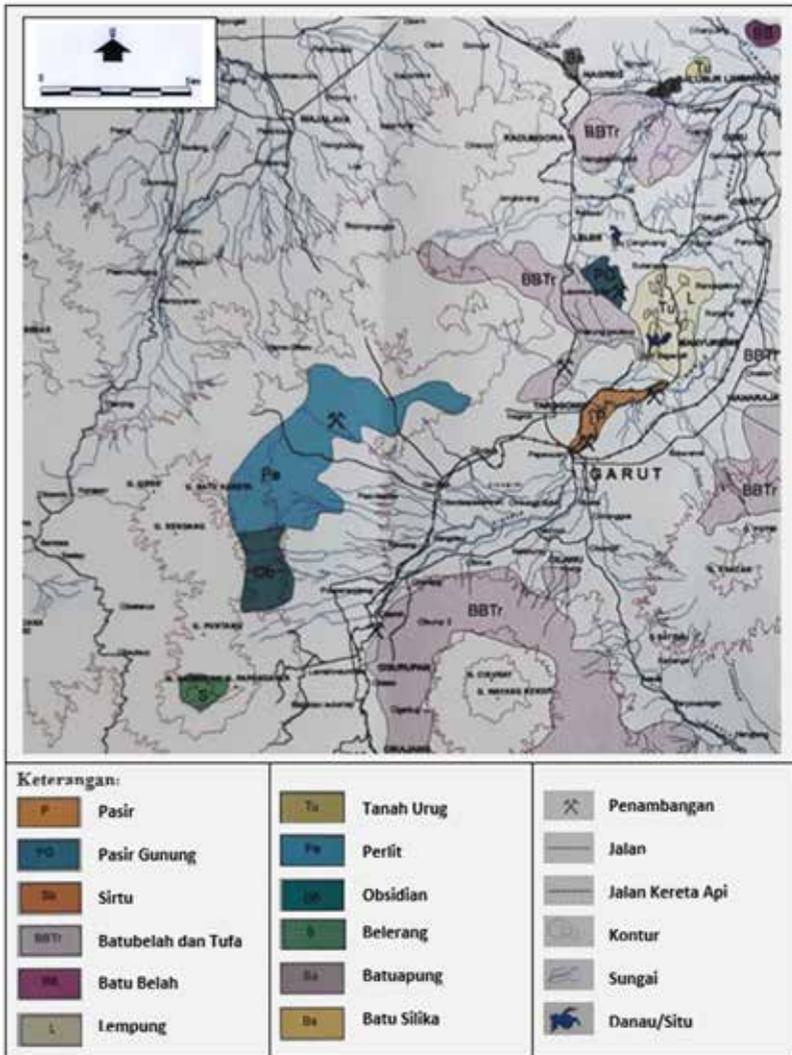
Hasil kajian dan pola alokasi sumber daya non logam di wilayah Cekungan Garut yang dilakukan Yuswar, dr., (2009), terdiri atas: pasir, sirtu, tras, tanah urug, lempung, batu belah, batu gamping, batu apung, obsidian, perlit, belerang, toseki, dan batusilika. Sebaran bahan galian non logam wilayah Cekungan Garut dan sekitarnya dapat dilihat pada Gambar 9.8 dan masing-masing bahan galian dijelaskan berikut ini.

• Pasir dan Batu

Pasir umumnya terdapat sebagai endapan aluvium dan endapan vulkanik di lereng gunung api. Pasir aluvium mempunyai sifat yang lepas berasal sebagai bahan rombakan dari batuan beku dan tertransportasi melalui sungai-sungai dan kemudian terendapkan pada alur sungai. Sedangkan pasir di lereng gunung merupakan endapan produk gunung api berupa lahar yang telah mengalami pelapukan dan menghasilkan sirtu (pasir dan batu).

Sirtu sebagai hasil endapan lahar mempunyai susunan berupa komponen batuan beku berukuran bongkah hingga kerikil, dengan bentuk umumnya membundar tanggung, sering dijumpai kenampakan di atas permukaan tanah dan endapan pasir umumnya mempunyai ukuran kasar hingga sangat kasar, berwarna kehitaman hingga kecoklatan, kurang padu sehingga cukup mudah untuk menggalinya dengan peralatan sederhana, seperti linggis, cangkul, dan sekop.

Sebaran pasir dan sirtu terletak di beberapa kecamatan, yaitu di Kecamatan Leuwigoong, Kec. Samarang, Kec. Garut Kota, Kec. Banyuresmi, Kec. Tarogong, Kec. Leles, dan Kec. Cibat. Potensi



Gambar 9.8. Peta Sebaran Bahan Galian Non Logam di Wilayah Cekungan Garut dan Sekitarnya.

produksi pasir dan sirtu yang memiliki kelayakan untuk ditambang adalah terdapat di Kec. Banyuresmi: 17.310 m³/tahun, Kec. Samarang: 3.850 m³/tahun, dan Kec. Cibatu :455 m³/tahun.

Bahan galian pasir dan sirtu umumnya digunakan sebagai bahan urugan bangunan dan jalan raya, bahan adukan dengan semen untuk bangunan, dan lain-lain. Sedangkan batuan beku umumnya dipergunakan sebagai batu pondasi dan perumahan. Batu templek adalah salah satu jenis batu desain eksterior perkantoran, bisnis, dan perumahan. Batu templek adalah salah satu jenis batu vulkanik lelehan atau andesit dengan struktur berlembar. Proses pembentukan batu templek umumnya berasosiasi dengan aktivitas vulkanik. Bahan galian ini tersebar di beberapa wilayah, di antaranya di Kecamatan Cisewu, seperti di Kampung Pasir Ciaseup, Kampung Ciawitali (Desa Girimukti), Kampung Lio, Kampung Cipicing, Kampung Ciguntur, Kampung Cilumbu dan Kampung di sekitara Dataran Loa (Desa Cisewu). Dengan total cadangan terkira (saat ini) yaitu 1,8 juta m³ dengan kualitas yang cukup tinggi (super) disertai permintaan (super). Permintaan konsumen dari waktu ke waktu yang terus meningkat membuat bahan galian ini memiliki prospek yang cukup menjanjikan.

Secara umum, kendala lingkungan yang perlu dipertimbangkan dalam menambang pasir pada endapan aluvium, sebagai berikut: 1) Umumnya mempunyai kedudukan muka air tanah yang sangat dangkal, sehingga perlu dibatasi kedalaman penambangannya; 2) perlu adanya reklamasi pada bekas kubangan galian yang dianggap cukup luas dan perlu dilakukan pengkajian lebih rinci pada penambangan bahan galian dekat mata air; dan 3) endapan pasir dan sirtu pada daerah perbukitan perlu pengelolaan teknik penambangan yang baik sehingga bekas material galian tambang tidak mudah tertransportasi oleh aliran permukaan.

• **Tras**

Wilayah Cekungan Garut pada umumnya disusun oleh tras yang merupakan endapan hasil aktivitas gunung api berupa debu yang telah mengalami perubahan komposisi kimia melalui proses

pelapukan yang dipengaruhi oleh kondisi air bawah tanah. Umumnya tras berwarna putih kekuningan hingga putih kecoklatan, kompak dan padu dan agak sulit digali dengan alat sederhana.

Tras termasuk dalam kelompok bahan galian industri yang sering digunakan untuk bahan pembuat semen alam (*hydraulic cement*) dan bahan untuk pembuatan batako karena memiliki silikat yang larut dan dapat bersenyawa dengan CaO menjadi Ca silikat dalam keadaan basah. Kegunaan lainnya untuk campuran pembuatan beton dan campuran plester dan tanah urug.

Tras disebut pula sebagai pozolan, merupakan bahan galian yang cukup banyak mengandung silica amorf yang dapat larut di air atau dalam larutan asam. Proses pelapukan pun berlangsung karena adanya air yang mengakibatkan pelolosan (*leaching*) pada sebahagian besar komponen basa seperti: CaO, MgO dan NaO yang dikandung oleh mineral-mineral batuan asal. Komponen CaO yang mengalami proses paling awal kemudian disusul dengan komponen berikutnya sesuai dengan mineral pembentuk batuan dalam reaksi seri Bowen. Dengan terjadinya proses pelolosan tersebut, maka akan tertinggal komponen-komponen SiO_2 , Al_2O_3 aktif yang akan menentukan mutu dari endapan tras yang terjadi pada masa berikutnya.

Nama pozolan diambil dari suatu desa Pozzuoli de Napel, Italia dimana bahan tersebut diketemukan dan dimanfaatkan untuk pertama kalinya. Tras (alam) pada umumnya terbentuk dari batuan vulkanik yang banyak mengandung feldspar dan silika, antara lain breksi andesit, granit, rhyolit yang telah mengalami pelapukan lanjut. Akibat proses pelapukan feldspar akan berubah menjadi mineral lempung/kaolin dan senyawa *silica amorf*. Makin lanjut tingkat pelapukannya makin baik mutu dari tras.

Potensi bahan galian ini secara setempat telah dimanfaatkan penduduk dalam skala kecil untuk pembuatan batako. Pemanfaatan lainnya adalah untuk industri semen, campuran bahan bangunan, dan semen alam belum dilakukan secara optimal,

• **Tanah Urug**

Tanah urug merupakan tanah penutup hasil lapukan batuan gunung api muda dan menempati pada kaki perbukitan dan sebagian membentuk bukit-bukit pada bentang alam dataran. Tanah urug bersifat pasir lempungan hingga lempung pasiran, berwarna coklat kemerahan, gembur, setempat mengandung komponen batuan beku andesitik, berukuran kerikil hingga bongkah. Tanah mudah digali dengan peralatan sederhana.

Kegunaan tanah urug antara lain untuk pengisian atau bahan timbunan rencana bangunan, jalan, gedung maupun bendungan. Penggunaan lahan saat ini pada daerah tanah urug umumnya merupakan peladangan dan pemukiman penduduk. Untuk itu penggalian pada daerah yang subur akan terjadi konflik kepentingan sehingga sebaiknya penggalian tanah urug ini dilakukan pada bukit-bukit kecil terisolasi, agar apabila sudah rata dapat dimanfaatkan untuk peladangan atau lainnya.

Untuk penambangan tanah urug, dapat dilakukan di daerah perbukitan yang terdapat di hampir semua kecamatan yang ada di Cekungan Garut selama kualitasnya memenuhi syarat untuk bahan urugan, namun lokasinya harus memenuhi persyaratan tertentu agar tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, yaitu: 1) bukan daerah resapan; 2) dibagian kaki bukit tidak terdapat mata air penting; 3) tidak berdekatan dengan aliran sungai untuk menghindari pelumpuran; 4) tidak dekat dengan pemukiman penduduk, gedung perkantoran, dan sekolah; 5) bukan merupakan lahan yang produktif (pertanian-perkebunan); dan 6) tidak terdapat bangunan infrastruktur penting.

• **Lempung**

Lempung atau disebut juga tanah liat adalah butiran yang mempunyai ukuran halus (200 *mesh*) dengan komposisi *hydro-alumino* silikat, plastis, dalam keadaan basah bersifat plastis dan dalam keadaan kering agak keras dan getas. Lempung merupakan hasil pelapukan tingkat tinggi dari hasil endapan gunung api yang

terdiri atas tufa dan lapili. Secara fisik lempung di wilayah Cekungan Garut berwarna abu-abu kecoklatan, agak plastis, setempat pasiran. Saat ini *deposit* lempung telah dimanfaatkan oleh penduduk setempat dengan cara tradisional untuk membuat genteng dan bata merah.

Deposit lempung yang terdapat di seluruh wilayah Cekungan Garut mempunyai tingkat risiko penambangan rendah. Hal ini terbukti di beberapa tempat di daerah pedataran, seperti di Desa Cihonje, Desa Sukabandung, Desa Banyuresmi, dan Desa Sukarame belum nampak adanya adanya kerusakan lingkungan. Bahkan pengaruh positif bekas penggalian dijadikan perumahan dan peladangan setelah diratakan terlebih dahulu. Sementara, penambangan lempung yang berada di daerah berlereng sedang, seperti di daerah Desa Pasanggrahan dan Desa Margalaksana, Kecamatan Cilawu dan Desa Samida, Kecamatan Selaawi harus memperhatikan lingkungan fisik sekitarnya, di antaranya lereng galian di buat berteras (undak) untuk mengurangi laju erosi air hujan dan setelah selesai penggalian agar segera direklamasi sesuai lingkungan binaan yang sesuai.

• **Batu Belah dan Batapung**

Batu belah dijumpai sebagai asal dari lava, komponen breksi gunung api, batuan beku intrusi, dan batuapung. Batu belah yang berasal dari komponen lava dan breksi gunung api cukup banyak tersebar di Cekungan Garut, umumnya berwarna abu kehijauan, pejal dan keras, sebagian retak dan berongga, memperlihatkan kekar meniang, penggalian sulit dilakukan dengan alat sederhana. Namun, untuk pemanfaatan sebagai bahan galian, batuan ini terkendala, karena umumnya berada di kawasan resapan air dan lingkungan mata air sehingga bila dilakukan penggalian dikhawatirkan akan merusak fungsi lindung kawasan. Lokasi batu belah yang dianggap potensi yaitu di Kecamatan Bungbulang, Kadungora, Leles, dan Cisewu.

Batu Belah yang berasal dari batuan intrusi umumnya berwarna hitam keabuan, pejal, padat, dan keras, sukar digali dengan peralatan

sederhana. Bahan galian ini mempunyai mutu cukup baik dan dapat digunakan sebagai alas jalan dan fondasi bangunan. Potensinya sangat terbatas karena berada hanya di sekitar wilayah Hanjuang Limbangan sekitar bukit kecil yang terisolasi. (dalam Peta berada di ujung timur laut).

Batu Apung yang tersingkap umumnya mempunyai ukuran bongkah hingga pasir, berwarna putih kotor agak kekuningan. Batuapung merupakan hasil material erupsi gunung api yang mengandung silika tinggi dan mempunyai sifat titik berongga-rongga. Lokasi bahan galian ini berada di Desa Nagreg, Kecamatan Balubur Limbangan, tersebar secara tidak merata dalam batuan breksi gunung api. Saat ini batuapung telah dimanfaatkan oleh penduduk setempat secara swadaya dengan cara menggali.

• **Perlit dan Obsidian**

Perlit dan Obsidian merupakan batuan vulkanik yang umumnya tersusun atas silika *glass* (SiO_2) tanpa adanya struktur kristal. Obsidian dihasilkan dari lava *riolitik* yang mendingin secara cepat sehingga hanya memungkinkan terbentuknya *glass*, sementara perlit adalah hasil proses hidrasi sekunder dari obsidian maupun tipe batuan vulkanik *glass* setelah pengendapan sehingga memiliki kandungan air lebih besar daripada obsidian. Magma riolit kental menyisakan lava yang masih mengandung SiO_2 tinggi.

Berdasarkan data hasil penyelidikan Direktorat Sumber Mineral dan Batubara, Badan Geologi (1974), cadangan hipotetik obsidian di Gunung Kiamis diperkirakan 24 juta m^3 dan Kecamatan Pasirwangi diperkirakan sebesar 48 juta m^3 . Sedangkan cadangan terukur sekitar 2 juta m^3 dengan mutu index pemuai antara 120 -160 kali, (Data Statistik Kabupaten Garut, 2021). Hal ini membuat prospek penambangan obsidian dan perlit di masa mendatang cukup menjanjikan.

Penambangan obsidian dan perlit yang terdapat di wilayah Cekungan Garut umumnya mempunyai tingkat risiko rendah, karena terdapat pada perbukitan berlereng landai-sedang, penggunaan

lahan berupa ladang dan kebun campuran, dan pencapaian lokasi mudah hingga sangat mudah, yakni terdapat jalan yang dapat dilalui kendaraan tambang. Namun demikian penambangan harus dilakukan dengan cara yang baik dan benar.

> Sebaran dan Manfaat Perlit

Secara fisik batuan perlit ini seluruhnya disusun oleh kaca vulkanik H_2O^+ berkisar antara 2 hingga 6% dan sedikit H_2O^{2-} dengan tekstur portiritik. Batuan ini berwarna abu-abu kehijauan, hingga abu-abu kehitaman dan mempunyai sifat yang khas, apabila dipanaskan akan mengembang antara 4 hingga 20 kali, serta batuan ini tahan terhadap api. Lokasi bahan galian ini terletak di Gunung Kiamis, Kecamatan Samarang, tersebar secara terbatas dalam lava gelas dan terdapat bersamaan dengan lelehan obsidian.

Perlit mempunyai banyak manfaat menyerupai bentonit dan zeolit sebagai penukar ion untuk pembuatan beton ringan, kosmetik, campuran bahan makanan hewan dan tumbuhan, penjernih air, merupakan sebagian kecil dari manfaat perlit.

> Sebaran dan Manfaat Obsidian

Obsidian adalah batuan yang disusun secara keseluruhan dari kaca amorf dan sedikit kristal feldspar, mineral hitam dan kuarsa. Secara fisik, obsidian berwarna hitam agak keras namun getas. Realita di lapangan, umumnya batuan obsidian tertutup oleh tanah (lapukan batuan) dan sebarannya berada di antara aliran lahar dan tufa membentuk singkapan berupa tebing baratdaya Gunung Kiamis. Arah sebaran baratlaut-tenggara dengan kemiringan timurlaut dan sebaran baratdaya-timur laut dengan kemiringan kearah barat laut. Hal ini memberikan gambaran bahwa awalnya obsidian terdapat dalam kubah. Bongkahannya banyak tersebar mulai Kampung Gadog/Patrol sampai barat dekat jembatan Sungai Cibodas (sekitar Cipanas) ke utara menyebar sampai Cibatuipis, Pangkalan, Lemahgandu dan Lereng Baratdaya Gunung Kiamis.

Berdasarkan ciri-ciri fisiknya batuan obsidian sangat mudah

dikenali sehingga sejak dahulu kala orang berlomba-lomba menambangnya untuk memproduksi semua jenis benda tajam seperti pisau, panah, mata tombak, pencakar, serta peralatan lainnya. Meskipun batuan ini digunakan sebagai alat pemotong pada zaman kuno, obsidian terus memainkan peran penting dalam zaman modern dengan menghasilkan ujung tombak yang lebih tipis dan lebih tajam dari baja. Saat ini, pisau tipis obsidian juga digunakan untuk beberapa operasi pembedahan dalam dunia kedokteran. Dalam sebuah penelitian, terungkap bahwa kinerja pisau obsidian cenderung sama atau bahkan lebih unggul dibandingkan alat bedah baja. Manfaat lainnya adalah sebagai perhiasan dengan cara memotong kecil-kecil obsidian transparan untuk membuat manik-manik atau anting-anting. Pemolesan oleh seorang profesional dapat menghasilkan manik-manik yang sangat reflektif nan indah.

• **Belerang**

Belerang atau sulfur adalah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang S dan nomor atom 16, bentuknya non-metal. Dalam bentuk aslinya, belerang merupakan zat padat Kristal yang berwarna kuning. Di alam, belerang dapat ditemukan sebagai unsur murni atau sebagai mineral mineral sulfida dan sulfat. Belerang yang padat mempunyai dua bentuk alotrop yaitu belerang yang stabil pada suhu dibawah $95,5^{\circ}$ dan mencair pada suhu 113°C (Goenawan, 1999:15).

Manfaat belerang ini dapat digunakan sebagai bahan pembuat pupuk, bahan peledak, bahan penunjang industri tekstil, karet, pestisida, kertas, obat-obatan, dan lain-lain. Namun, pemanfaatan belerang di Gunung Papandayan sebagai bahan galian terkendala berada di kawasan lindung dan konservasi sehingga saat ini dimanfaatkan sebagai obyek geowisata gunung api.

Belerang yang terdapat di Cekungan Garut tersebar di Gunung Papandayan dan Gunung Talagabodas. Belerang ini diendapkan dalam bentuk kerak dan lumpur belerang sebagai proses kegiatan solfatara dan fumarol. Sifat fisik belerang berwarna kuning kehijauan

serta berbutir kasar. Belerang dalam bentuk kerak lebih baik mutunya dan bisa dimanfaatkan secara langsung, sedangkan belerang lumpur harus dibersihkan lumpur atau kotoran tanahnya terlebih dahulu.

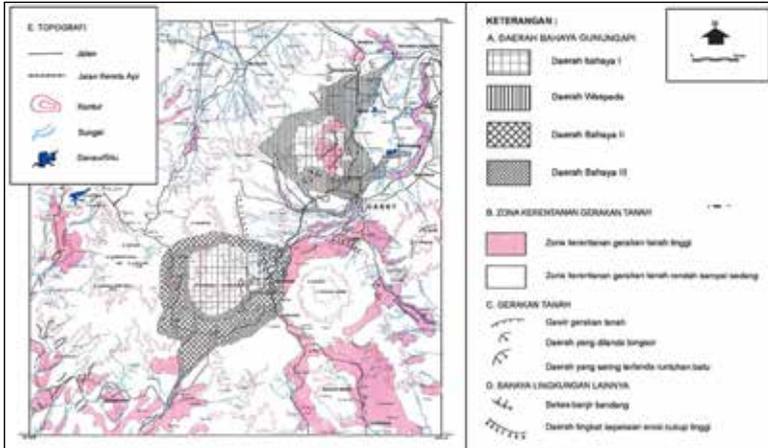
Bahaya Lingkungan Beraspek Geologi

Dibalik faktor daya dukung geologi dan bahaya lingkungan yang diakibatkan oleh manusia, juga faktor bahaya lingkungan beraspek geologi selalu mengintai kehidupan manusia seperti gempa bumi, letusan gunung api, gerakan tanah, banjir, penurunan tanah, dan lain sebagainya. Beberapa jenis bahaya lingkungan yang di sebut di atas umumnya terdapat di wilayah Cekungan Garut dan sekitarnya. Gambar 9.9 merupakan gambaran umum dari potensi bahaya lingkungan beraspek geologi yang ada di Cekungan Garut.

Gerakan Tanah

Gerakan tanah adalah suatu proses perpindahan masa batuan atau tanah dari tempat tinggi ke tempat yang lebih rendah. Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya gerakan tanah antara lain: bentuk topografi, jenis dan sifat fisik batuan dan tanah pelapukan, iklim (curah hujan), struktur dari perlapisan tanah atau batuan, kegempaan, vegetasi, dan aktivitas manusia. Gerakan tanah yang terjadi di wilayah Cekungan Garut umumnya berupa erosi tanah (*soil erosion*), longsor tanah (*earth slide*), dan runtuh batuan (*rock fall*).

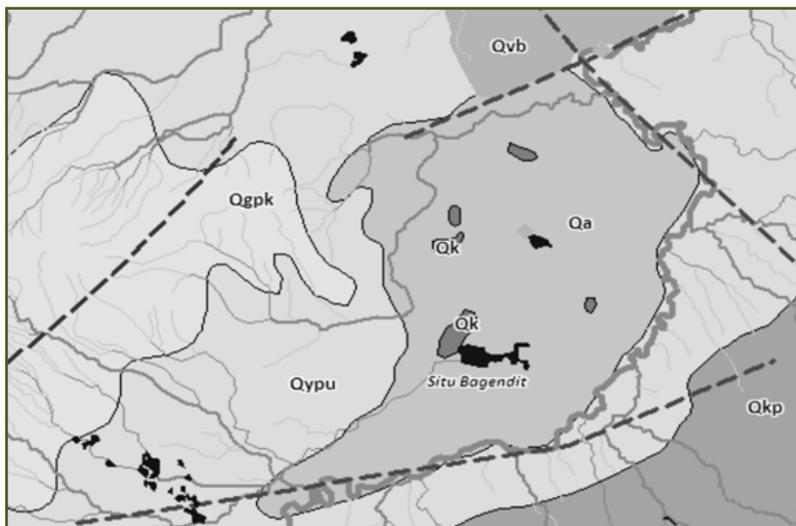
- **Erosi permukaan**, terjadi pada lereng-lereng pegunungan seperti dibagian utara kompleks Gunung Mandalawangi, Gunung Haruman, Gunung Kaledong, Gunung Karacak, Gunung Guntur, Gunung Papandayan, Gunung Cikuray, Kompleks Gunung Karaha-Talagabodas, dan lain sebagainya. Gunung-gunung tersebut umumnya memiliki litologi berumur muda (Holosen-Resen) yang didominasi oleh rempah lepas produk vulkanik dan endapan. Endapan berupa aluvium, koluvium, dan endapan danau. Material ini bila terdapat di tebing sungai dan lereng perbukitan sangat rentan terhadap erosi, seperti yang



Gambar 9.9. Informasi Bahaya Lingkungan Beraspek Geologi wilayah Garut bagian Utara dan sekitarnya.

terdapat di bagian selatan. Sebagian kecil, yaitu endapan aluvium menempati lembah-lembah sungai besar terutama Sungai Cimanuk dengan bentang alam relatif datar (lihat Gambar 9.10). Daerah-daerah yang berpotensi tinggi erosi permukaan juga dapat menimpa lokasi baru yang dibuka untuk pemukiman, terutama di daerah yang berlereng agak terjal hingga terjal. Demikian juga dengan adanya penebangan tanaman keras disekitarnya akan mempercepat proses terjadinya erosi permukaan, sehingga dapat pula merusak badan-badan jalan yang belum diperkeras. Erosi alur umumnya terjadi pada tebing-tebing sungai seperti disepanjang Sungai Cimanuk dan sungai-sungai lainnya di Cekungan Garut. Dengan adanya penggalian-penggalian pasir didasar sungai atau tebing-tebing sungai, dapat menambah intensitas erosi sungai. Kedua proses erosi di atas umumnya dijumpai dalam dimensi kecil.

Penumpukan rempah vulkanik dan endapan aluvium yang berlebih di Sungai Cimanuk dan sungai-sungai lainnya di Cekungan Garut dapat memicu terjadinya banjir, bahkan pada sungai-sungai kecil di lereng pegunungan dapat memicu banjir



Gambar 9.10. Indikasi keberadaan sesar berarah barat daya-timur laut di Sungai Cimanuk dan adanya kelokan S. Cimanuk yang menyiku tajam membentuk zona depresi yang terisi oleh aluvium dan rempah lepas produk vulkank muda, (Sumber: Sulaksana, N, drr., 2013).

bandang seperti sering terjadi beberapa waktu yang lalu.

- **Longsor (*landslide*)**, terjadi sebagai akibat Bergeraknya bahan permukaan yang relatif kurang kompak dan mudah lepas dengan ketebalan berkisar 2 sampai 5 meter, bersifat gembur mudah menyerap air, berlereng agak terjal hingga terjal, dan mempunyai vegetasi jarang. Hal demikian akan menyebabkan berkurangnya kekuatan geser bahan permukaan sehingga akhirnya terjadi pergeseran tanah atau longsor.

Daerah yang berpotensi gerakan tanah atau longsor tersebut di wilayah Cekungan Garut sangat erat kaitannya dengan tektonik di wilayah DAS Cimanuk bagian hulu. Hal ini ditunjukkan oleh jejak tektonik berupa sesar mendatar dan sesar normal, (Gambar 9.10). Tipe sesar mudah dikenali bila terekam pada batuan sedimen, tetapi agak sulit mengenalinya jika dipengaruhi

oleh batuan vulkanik, terutama vulkanik Kuarter. Namun demikian, indikasi keberadaan sesar tersebut dapat diidentifikasi melalui karakteristik geomorfologi yang membentuk kelurusan punggung, atau zona lemah yang dicerminkan oleh kelurusan gejala longsor. Sesar-sesar mendatar umumnya berarah barat daya-timur laut, sedangkan untuk sesar yang pergerakannya vertikal atau sesar normal umumnya berarah barat-timur. Sebaran wilayah yang berpotensi longsor dapat dilihat pada Gambar 9.9.

Secara sederhana, untuk menanggulangi bahaya longsoran ini dapat dibuat lereng yang landai, dengan cara membuat sengketan (teras-teras), pengaturan aliran permukaan, penanaman tanaman keras atau penghutanan kembali pada daerah yang gundul dan longsor tinggi hingga sangat tinggi.

- **Runtuhan batuan (*rock fall*)**, umumnya terjadi pada batuan vulkanik seperti breksi, lahar, lapili tufa, dan aglomerat pada lereng yang terjal, mempunyai vegetasi yang jarang, batuan banyak mengandung kekar-kekar, dan telah mengalami lapuk lanjut. Pada musim hujan air menyerap kedalam rekahan-rekahan atau rongga-rongga dan akan mempercepat lepasnya komponen batuan dari ikatan masa dasarnya sehingga batuan lepas dan runtuh oleh gaya beratnya sendiri. Di daerah Cekungan Garut, runtuhan batu sering terjadi di bagian utara, barat, dan selatan, yaitu di kompleks Gunung Limbung, Gunung Mandalagiri, Gunung Buligir, Gunung Cepu, Gunung Guntur, Gunung Mandalawangi, dan lain-lain. Runtuhan batu pada tebing-tebing sungai dijumpai pada beberapa tempat di sepanjang Sungai Cimanuk dan anak-anak sungai yang cukup besar. Untuk penanggulangan bahaya runtuhan batuan tersebut, perlu rekayasa teknik, di antaranya dibuat sengkedan (teras-teras), bronjong-bronjong serta penanaman tanaman keras pada daerah yang rawan longsor.
- **Aliran tanah dan batu (*debris avalanches*)** adalah salah satu gerakan tanah yang proses terjadinya tidak jauh berbeda dengan proses longsoran dan runtuhan batu, tetapi pergerakannya

lebih perlahan ataupun mendadak dengan kecepatan tinggi dan material yang bergerak terdiri atas tanah serta batu bercampur dengan air atau lumpur. Di wilayah Cekungan Garut, aliran tanah dan batu sering terjadi dilereng-lereng pegunungan seperti di bagian barat Gunung Karacak, Gunung Guntur, Gunung Pamorotan, Kompleks Gunung Karaha-Talagabodas, Gunung Cikuray, Gunung Papandayan, dan lain-lain. Pada umumnya daerah tersebut bervegetasi jarang dengan tanah penutup yang bersifat lepas, sehingga bila hujan terjadi terus menerus akan membuat tanah tersebut jenuh air dan bergerak ke arah yang lebih rendah bercampur dengan batu dan lumpur. Peristiwa fenomenal *debris avalanches* pernah terjadi pada Gunung Papandayan akibat erupsi 1772 dan 2002, yang terbentuk pada bagian puncak dan menyebar mengikuti kelurusan punggung pada bagian lembah diantara dinding produk aliran lava atau menempati Sub DAS yang berada di hulu bagian barat daya dari sungai Cimanuk. Penjelasan lengkap tentang *debris avalanches* ini dapat di baca pada uraian tentang keunikan geologi Gunung Papandayan.

Banjir Bandang

Banjir Bandang (*Debris Flow*) bagi warga masyarakat yang menetap disepanjang aliran sungai Cimanuk menjadi momok yang menakutkan, karena kejadiannya semakin sering dan semakin membesar atau meluas, seperti kajadian pada tahun 2016 menjadi banjir bandang terbesar di DAS Cimanuk Hulu yang terbesar melanda daerah sepanjang aliran sungai dengan jarak landaan limpasan banjir antara 1 hingga 50m.

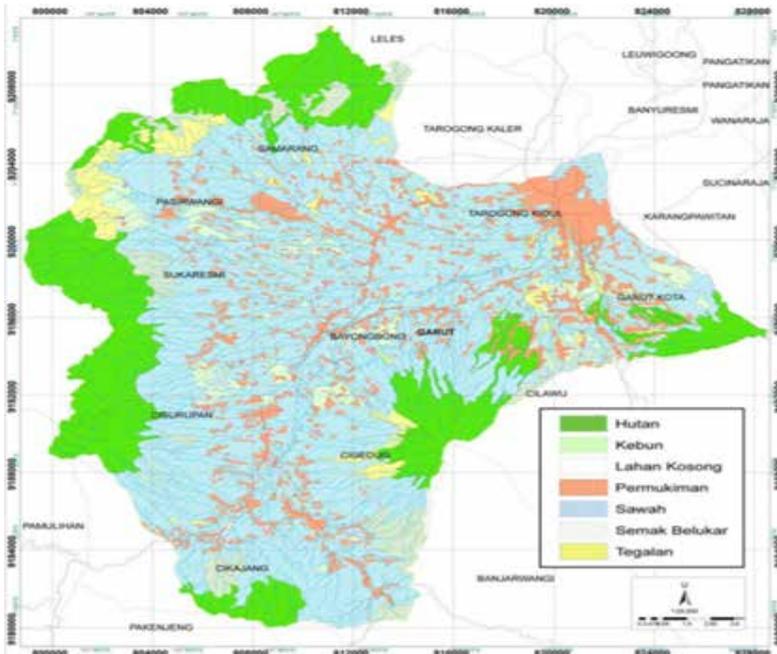
Dampak banjir bandang ini meliputi areal di 7 kecamatan, yaitu: Kec. Bayongbong, Kec. Tarogong Kidul, Kec. Tarogong Kaler, Kec. Garut Kota, Kec. Banyuresmi, dan Kec. Karangpawitan. Kejadian ini menyebabkan 34 orang meninggal dunia, 19 orang hilang, dan 9 orang terluka. Juga, pemukiman di bantaran sungai rusak ringan sampai rusak berat, di beberapa tempat terlanda lumpur setinggi

20cm, pesawahan dan ladang rusak ringan, di lokasi tertentu, terlanda lumpur hasil pengangkutan sedimen oleh arus sungai, tembok penahan erosi rusak di beberapa tempat akibat tergerus air, sisi sungai di sepanjang aliran sungai Cimanuk banyak yang tererosi, dan terputusnya jembatan yang menghubungkan Desa Patrol, Banyuresmi dan Desa Cijambe, Karangpawitan.

Berdasarkan pemeriksaan para ahli dari PVMBG Badan geologi, di lokasi terdampak tidak ditemukan adanya indikasi aliran bahan rombakan dan bendung alami, namun dari indikasi di lapangan menunjukkan bahwa banjir bandang tersebut berasosiasi dengan aliran bahan rombakan (*Debris Flow*). Pada beberapa tempat teramati lumpur serta kayu dari rumah-rumah yang hanyut terbawa air, sehingga kemungkinan besar banjir bandang ini diakibatkan karena adanya pasokan air yang cukup tinggi ke dalam badan Sungai Cimanuk. Curah hujan yang tinggi dan vegetasi di daerah hulu yang teridentifikasi kurang mampu menyimpan air, apalagi areal hutan semakin berkurang.

Perkiraan yang dikemukakan oleh PVMBG tersebut, kemudian oleh Afid Nurkholis, dr., (2016), dibuatkan peta intensitas curah hujan wilayah DAS Cimanuk Hulu yang meliputi Gunung Papandayan dan Gunung Cikuray, (lihat Gambar 9.6). Hasilnya menunjukkan rerata hujan lima tahunan (2009-2013) tertinggi yaitu antara 2941-3154 mm. Selain intensitas curah hujan yang berpengaruh terhadap besarnya debit aliran sungai di DAS Cimanuk Hulu, juga Afid Nurkholis, dr., (2016) melakukan analisis *Curve Number* (CN) untuk mengetahui bilangan kurva aliran permukaan yang dihasilkan melalui pendekatan empiris dengan cara mengestimasi limpasan permukaan dari hubungan antara hujan, tanah, penggunaan lahan, dan perlakuan terhadap tanah. CN diestimasi berdasarkan klasifikasi tanah, tutupan lahan, dan kondisi kelembaban tanah sebelumnya. Hasil perpaduan parameter-parameter tersebut menghasilkan nilai CN menunjukkan potensi air larian untuk curah hujan dalam waktu dan tempat tertentu.

Peta penggunaan lahan pada Gambar 9.11 menunjukkan bahwa pertanian merupakan parameter yang paling dominan



Gambar 9.11. Peta Penggunaan Lahan DAS Cimanuk Hulu

sehingga aktivitas pertanian tersebut dapat menjadi salah satu penyebab tingginya nilai CN permukaan di seluruh kawasan hulu. Menurut Strahler (2011) dalam Afid Nurkholis, dr., (2016), pengolahan lahan pertanian dapat merubah sifat fisik tanah yang menyebabkan kemampuan meloloskan air menjadi berkurang. Tutupan vegetasi pada pertanian yang tidak rapat menyebabkan air hujan secara langsung jatuh pada permukaan tanah. Hal tersebut memicu erosi percik yang dapat menutup pori-pori tanah, sehingga kemampuan tanah meloloskan air berkurang. Teknik pengolahan lahan, penggunaan jenis pupuk, dan jenis tanaman pertanian juga merupakan faktor penting dalam menganalisis limpasan permukaan. Hal ini disebabkan karakteristik tanah merupakan faktor kunci selain penggunaan lahan ketika dilakukan analisis limpasan permukaan.

Data lainnya yang dibutuhkan yang dibutuhkan Afid Nurkholis,

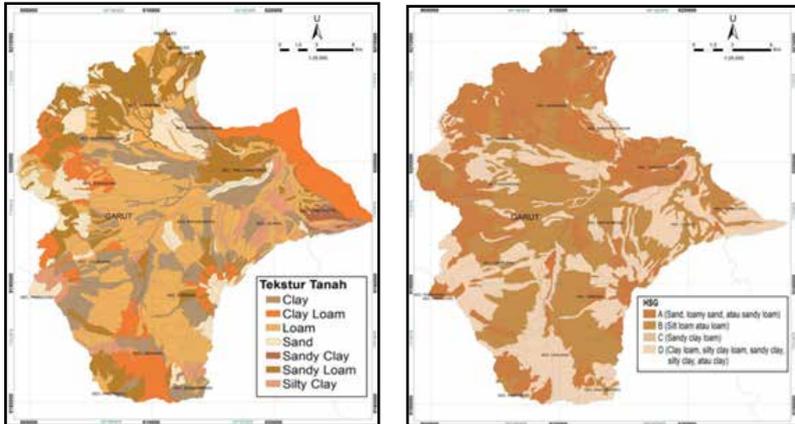
drr., (2016) dalam menentukan CN adalah data tekstur tanah. Gambar 9.12 kiri, menunjukkan persebaran tekstur tanah permukaan di wilayah DAS Cimanuk Hulu. Perbedaan tekstur tanah pada Gambar 9.12 kiri dipengaruhi oleh posisi geografis, material dasar, dan pengolahan manusia (Strahler, 2011 dan Sartohadi, drr., 2012). Tekstur (komposisi ukuran butir partikel-partikel) tanah adalah sifat fisik dasar yang memengaruhi karakteristik fisik lain (Sartohadi at al, 2012). Ukuran butir penyusun tanah dibedakan menjadi tiga, yaitu pasir, debu, dan lempung. Ketiga ukuran tersebut selalu menyusun komposisi tanah (tidak pernah berdiri sendiri). Pentingnya jenis tekstur tanah dalam menentukan CN adalah kemampuan memengaruhi tanah dalam meresapkan air. Fraksi pasir memiliki ukuran partikel yang besar, sehingga membentuk pori makro dalam tanah (Sartohadi, drr., 2011). Hal tersebut menyebabkan tanah mampu meloloskan air lebih baik daripada fraksi lempung.

Berdasarkan konsep tersebut, jenis tekstur tanah dapat diklasifikasikan menjadi *hydrological soil group* (HSG) tertentu (Tabel 9.3) dan Gambar 9.12 kanan menunjukkan persebaran HSG di wilayah DAS Cimanuk. HSG A memiliki kemampuan meloloskan air paling baik, sedangkan D yang paling buruk.

Pada Gambar 9.12 kanan, menunjukkan bahwa wilayah hulu Gunung Papandayan dan Cikuray didominasi HSG D. Hal ini dipengaruhi oleh jenis tekstur tanah loam (geluh) dengan persentase 38,7% yang memiliki ikatan antar partikel yang sedang

Tabel 9.3. *Hydrological Soil Group* (Wanielista, drr, 1997).

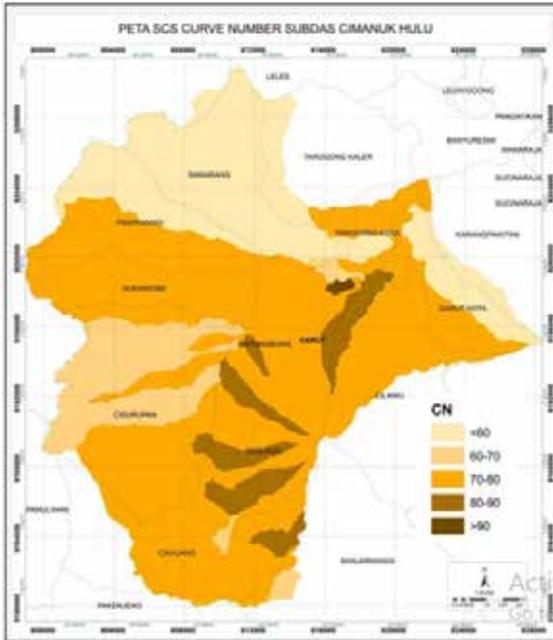
Tekstur Tanah	<i>Soil Hydrological Group</i>
<i>Sand leomy sand, sandy loam</i>	A
<i>Silt loam, loam</i>	B
<i>Sandy clay loam</i>	C
<i>Clay, clay loam, silty clay loam, sandy clay, silty clay</i>	D



Gambar 9.12. Peta DAS Cimanuk Hulu yang berkaitan dengan Peta Tekstur Tanah (kiri) dan Peta *Hydrological Soil Group* (HSG) (kanan). (sumber: Afid Nurkholis, drr., 2016).

sehingga air cukup mudah meresap. Oleh karena itu tekstur tanah ini sangat cocok digunakan untuk lahan pertanian dan perkebunan. Kekurangan dari tekstur tanah ini adalah mudah tererosi. Hal ini juga dipicu dengan adanya tekstur lain yang cukup mendominasi yaitu geluh berpasir (27,7%). Kondisi antar partikel tanah yang tidak terikat kuat menyebabkan tanah akan mudah tererosi mengikuti aliran air permukaan.

Hasil analisis afid Nurkholis, drr., (2016) terhadap parameter-parameter tersebut di atas meliputi karakteristik tanah dan batuan, curah hujan, penggunaan lahan, dan morfometri DAS menunjukkan potensi air larian untuk curah hujan dalam waktu dan tempat tertentu. Gambar 9.13 menunjukkan persebaran nilai CN pada DAS Cimanuk Hulu, meliputi tiga range nilai CN yang dominan, yaitu 60-70, 70-80, dan 80-90. Seluruh wilayah hulu (kawasan Gunung Satria, Cikuray, Papandayan dan Karacak) memiliki nilai CN 70-80 yang berarti cukup tinggi. Wilayah disekitar hulu Cikuray-Papandayan bahkan memiliki nilai 80-90. Nilai tersebut menjadi penting mengingat wilayah hulu sungai umumnya berperan sebagai daerah resapan tinggi yang mampu mengimbuh air tanah untuk



Gambar 9.13. Peta *Curve Number* (CN) DAS Cimanuk Hulu, yang menunjukkan wilayah Gunung Cikuray memiliki rerata nilai CN tinggi. (Sumber: Afid Nurkholis, dr., (2016).

wilayah bawahannya, dalam hal ini mengisi akuifer di wilayah Cekungan Garut. Namun, nilai-nilai CN kawasan hulu yang berada di wilayah Cikuray-Papandayaan menunjukkan ketidak mampuan meresapkan air. Keadaan ini diartikan kawasan hulu tersebut dapat menjadi penyumbang limpasan tinggi ketika terjadi hujan lebat.

Bila diidentifikasi kawasan-kawasan di hulu sungai yang tidak mampu menginfiltrasi air dengan cepat ke dalam tanah di wilayah Cekungan Garut, di antaranya terjadi pada Gunung Papandayan, Gunung Cikuray dan Gunung Guntur. Debit air dari sungai Cikamiri yang berhulu di Gunung Guntur teridentifikasi lebih besar, hal ini dimungkinkan karena pasokan air pada sungai Cikamiri berasal dari dua anak sungai, yaitu sungai Ciroyom dan sungai Cigarukgak yang memang debitnya sangat besar. Akumulasi air dari anak/cabang sungai yang berkumpul di sungai Cimanuk mengakibatkan bertambahnya volume air sungai di pertemuan anak/cabang sungai Cimanuk. Ruas sungai yang sempit mengakibatkan terhambatnya

aliran air, sehingga melimpasi bagian sisi (kanan dan kiri) sungai Cimanuk.

Parameter morfometri DAS (Tabel 9.4) juga penting untuk dilihat sebagai salah satu alasan untuk memperkuat argumen yang sudah digambarkan oleh parameter lainnya, yaitu parameter waktu

Tabel 9.4. Morfometri DAS Cimanuk Hulu

SubDAS	Time Lag			Panjang Sungai Utama (km)	Kemiringan DAS (%)	Kerapatan Aliran	
	menit	menit/km	kelas			km/km ²	kelas
1	141.5	5.11	Rendah	27.66	2.43	2.32	Sedang
2	90.3	4.22	Rendah	21.41	1.98	2.96	Sedang
3	41.8	3.71	Sedang	11.27	2.16	3.58	Tinggi
4	44.1	4.39	Rendah	10.06	3.13	2.72	Sedang
5	35.3	4.66	Rendah	7.57	2.05	2.76	Sedang
6	53.0	3.99	Sedang	13.28	3.77	2.61	Sedang
7	21.9	3.25	Sedang	6.75	2.75	3.04	Sedang
8	31.6	4.09	Sedang	7.73	2.28	2.76	Sedang
9	54.0	3.97	Sedang	13.62	2.58	3.17	Tinggi
10	7.8	2.75	Tinggi	2.86	6.26	2.84	Sedang
11	31.3	4.05	Sedang	7.74	1.98	2.15	Rendah
12	58.2	4.54	Rendah	12.82	2.16	2.65	Sedang
13	13.1	3.25	Sedang	4.04	3.66	2.11	Rendah
14	7.2	2.81	Tinggi	2.57	13.56	3.92	Tinggi
15	11.4	2.24	Tinggi	5.10	8.44	3.11	Sedang
16	54.4	3.42	Sedang	15.89	1.93	2.58	Sedang
17	37.5	3.54	Sedang	10.60	2.64	3.71	Tinggi
18	23.7	2.52	Tinggi	9.38	3.09	2.83	Sedang
19	6.8	1.77	Tinggi	3.88	14.37	1.98	Rendah
20	6.5	2.10	Tinggi	3.09	13.50	2.34	Sedang
21	13.0	3.50	Sedang	3.73	7.32	2.62	Sedang
22	16.9	2.81	Tinggi	6.03	4.24	1.31	Rendah
23	16.5	3.06	Sedang	5.41	6.17	2.48	Sedang
24	75.7	5.41	Rendah	13.99	2.85	2.63	Sedang
25	22.2	3.56	Sedang	6.24	2.57	2.61	Sedang
26	17.7	2.90	Tinggi	6.09	2.91	2.68	Sedang
27	24.1	3.81	Sedang	6.33	2.60	2.68	Sedang
28	15.5	2.63	Tinggi	5.91	3.71	2.77	Sedang
29	13.0	2.79	Tinggi	4.66	3.06	2.98	Sedang
30	25.2	3.59	Sedang	7.00	3.09	3.87	Tinggi
31	15.4	2.90	Tinggi	5.31	4.46	3.37	Tinggi
32	13.0	2.73	Tinggi	4.76	4.98	4.03	Tinggi
33	6.0	2.07	Tinggi	2.90	9.41	2.69	Sedang
34	3.9	2.12	Tinggi	1.83	21.81	3.19	Tinggi
35	9.0	2.36	Tinggi	3.82	9.94	3.51	Tinggi
36	4.6	1.79	Tinggi	2.58	8.37	1.76	Rendah

Sumber: Nana Sulaksana, drr., (2013)

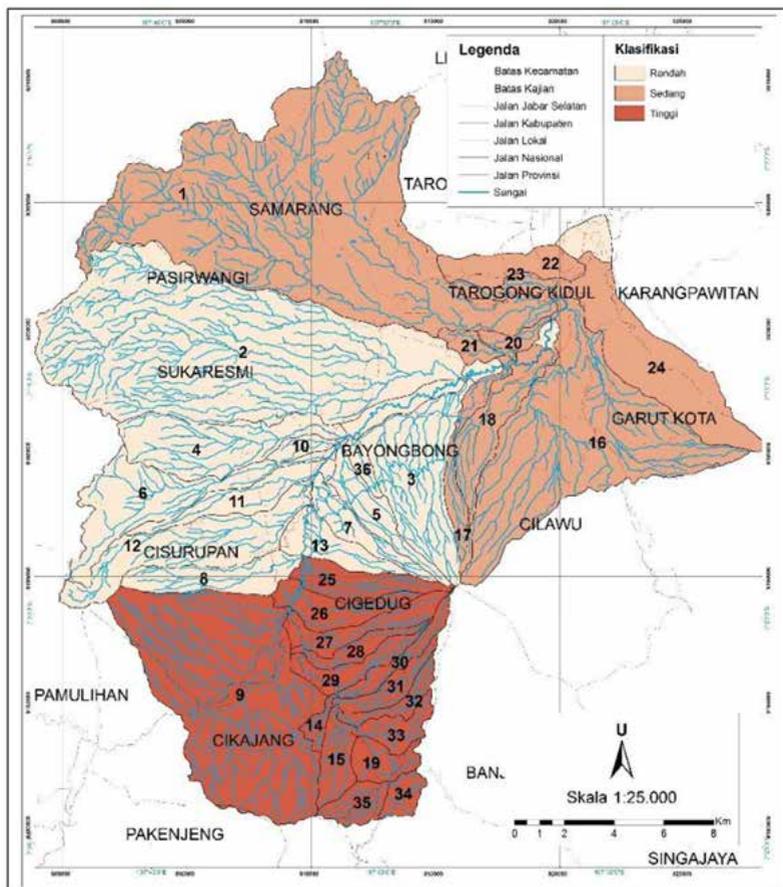
konsentrasi (Tlag) dan kerapatan aliran pada wilayah Cikajang dan sekitarnya (SUBDAS 9, lihat Gambar 9.14). Kedua parameter ini dapat digunakan untuk menggambarkan hubungan morfometri DAS dengan debit aliran permukaan yang dihasilkan. SUBDAS 9 memiliki kerapatan aliran yang tinggi dengan nilai 3,19 km/km². Hal ini ditunjukkan dengan banyaknya cabang sungai yang ada. Kerapatan aliran yang tinggi menunjukkan material yang ada mudah tererosi dan kurang bisa menyerap air. Waktu konsentrasi pada sebuah SUBDAS 9 termasuk kelas sedang dengan nilai sebesar 3,96 menit/km. Waktu konsentrasi dipengaruhi salah satunya oleh panjang sungai utama dan kemiringan DAS. SUBDAS 9 memiliki panjang sungai utama yaitu 13,62 km dan kemiringan DAS sebesar 2,58%.

Berdasarkan hal tersebut di atas maka waktu konsentrasi sangat dipengaruhi oleh panjang sungai utama yang cukup panjang. Semakin panjang dan miring suatu DAS maka akan meningkatkan waktu konsentrasi dan pada akhirnya akan memengaruhi kejadian banjir. Selain, dipengaruhi oleh kondisi morfometrik, juga diduga pengaruh morfotektonik ikut berperan, yang menyebabkan aliran permukaannya ke arah hilir semakin melambat sehingga menyebar secara horizontal seperti diperlihatkan Gambar 9.15. Dugaan tersebut didasarkan atas hasil perhitungan Nana Sulaksana, dr., (2013) yang menunjukkan rasio cabang sungai (Rb) secara keseluruhan menunjukkan bahwa DAS Cimanuk Hulu dikontrol oleh tektonik aktif. Nilai Rb yang rata-rata kurang dari 3 yang membuktikan bahwa secara kuantitatif kontrol tektonik cukup kuat, terutama pada rasio cabang sungai orde 4 dan 5.

Selanjutnya, Nana Sulaksana, dr., (2013) menunjukkan morfotektonik yang tercermin pada bentangalam di DAS Cimanuk Hulu, diantaranya berupa:

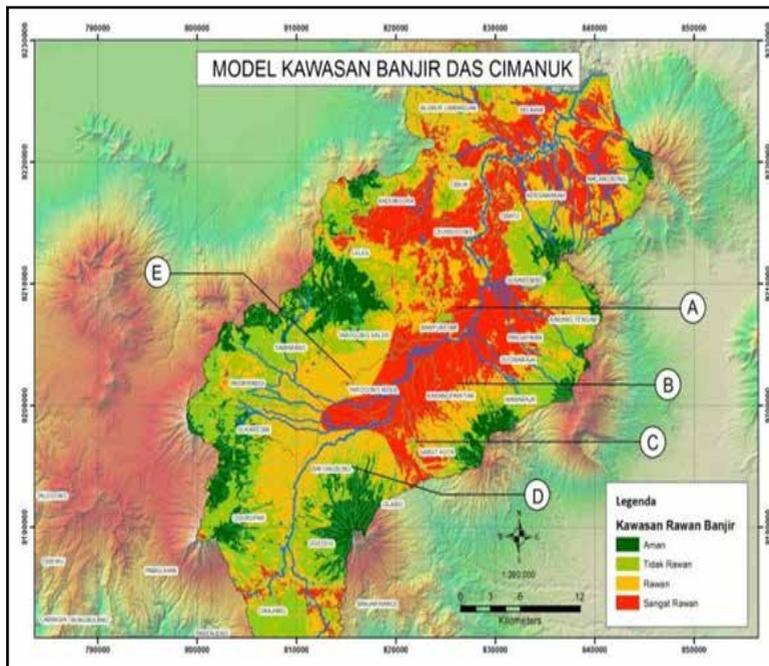
1. Kelurusan punggung, lembah, dan pengaliran, yang relatif berarah barat daya-timur laut, sebagian yang lain berarah barat laut-tenggara, dan berarah barat-timur. Pola-pola tersebut seolah berimpit dengan pola-pola struktur lama yang kemungkinan reaktivasi kembali.

2. Kelokan sungai yang relatif menyiku di sekitar Garut hingga Tomo. Di wilayah Cekungan Garut terindikasi keberadaan sesar mendatar Leuwigoong juga tercermin pada kelokan S. Cimanuk yang membentuk sudut hampir 90^0 , membentuk alur yang berimpit dengan arah sesar (Gambar 9.10 di atas). Sementara pada peta geologi lembar Ardjawinangun (Alzwar drr., 1992) sesar ini tidak pernah disebutkan keberadaannya.



Gambar 9.14. Peta Klasifikasi Debit Aliran Sungai pada DAS Cimanuk Hulu, Kabupaten Garut.

3. Selain sesar Leuwigoong, di kelokan S. Cimanuk Hulu juga ditemukan sesar lain yang arahnya tegak lurus sesar pertama, yaitu barat laut-tenggara membentuk gawir-gawir (*scarp*) dan didasarnya terdapat jajaran kipas aluvium dan koluvium;
4. Keberadaan zona depresi yang ditempati oleh endapan aluvium di bagian barat Kota Garut menunjukkan banjir sudah terjadi sejak lama;
5. Keberadaan rawa dan danau yang banyak ditemui di bagian tengah DAS Cimanuk Hulu menunjukkan aktivitas morfotektonik dalam pembentukan zona depresi. Indikasinya penyebaran aluvium yang cukup luas di bagian barat kota Garut (Gambar 9.14). Fenomena tersebut dapat dikaitkan dengan keberadaan zona depresi akibat peran sesar-sesar yang saling



Gambar 9.15. Model Kawasan Banjir DAS Cimanuk Hulu. (sumber: Nana Sulaksana, drr., 2013).

menyilang.

Dengan demikian, agar kejadian banjir bandang dapat dikendalikan dan bila terjadi pun tidak menelan korban manusia maupun material, maka masyarakat yang beraktivitas di bantaran sungai Cimanuk agar waspada terhadap longsor yang disebabkan erosi oleh arus air dengan cara merehabilitasi tembok penahan erosi di daerah bantaran sungai sesuai dengan daya dukung pondasi yang dapat menahan terjangan banjir bandang. Bahkan perlu dipertimbangkan juga opsi relokasi ke tempat yang lebih aman. Sementara, diwilayah pegunungan sebagai hulu sungai perlu memelihara vegetasi yang dapat meningkatkan resapan air dan mengurangi erosi permukaan.

Bahaya Gunung Api

Bahaya Gunung Api yang terdapat di Cekungan Garut berasal dari dua gunung api aktif, yaitu Gunung Guntur dan Gunung Papandayan. Kedua gunung ini tercatat beberapa kali mengalami erupsi. Erupsi ini tentunya akan mengeluarkan material-material yang diendapkan langsung maupun melalui udara berupa lontaran dan merupakan bahaya bagi daerah itu sendiri serta daerah sekitarnya.

• *Kawasan Rawan Bencana Gunung Guntur*

PVMBG, Badan Geologi mencatat bahwa Gunung Guntur pernah mengalami erupsi sebanyak 22 kali yaitu pada tahun 2002, 1847, 1843, 1841, 1840, 1836, 1834-35, 1833, 1832, 1832, 1829, 1828, 1827, 1825, 1818, 1816, 1815, 1809, 1807, 1803, 1800, 1780, 1777, dan Erupsi yang terjadi pada umumnya disertai lelehan lava, lapili dan objek material piroklastik, dan lainnya. Sejak letusan terakhir yang terjadi pada tahun 1847 sampai saat ini (154 tahun) tidak pernah terjadi letusan lagi.

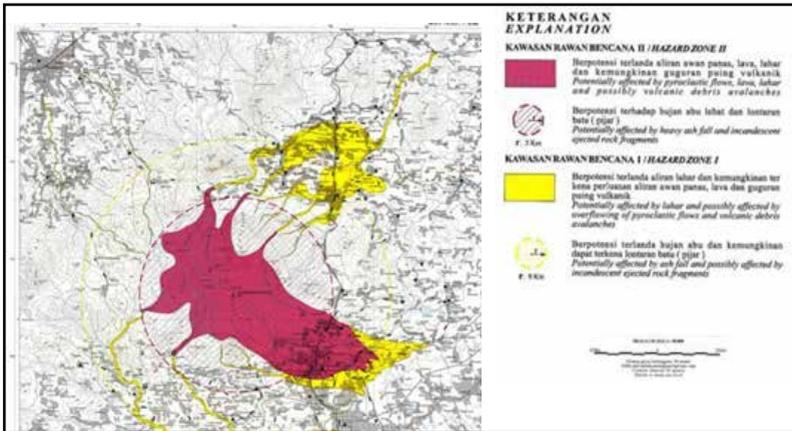
Selanjutnya aktivitas gunung ini dicirikan dengan terekamnya gempa-gempa vulkanik yang berkisar antara 20-30 kejadian/bulan. Peningkatan kegiatan yang terjadi hanya berupa peningkatan jumlah

gempa vulkanik. Seperti yang terjadi pada tahun 1997, yaitu dengan terekamnya gempa secara berurutan yang berasal dari daerah puncak. Kemudian pada bulan Mei 1999 terjadi lagi peningkatan gempa yang disertai dengan gempa terasa ($M=2,7$ dan $2,8$), dimana episenternya berada di sekitar 2 km barat laut dari puncak.

Sementara, pertumbuhan penduduk di sekitar Gunung Guntur tumbuh dengan cepat yang dipicu oleh perkembangan pariwisata pemandian air panas, menyebabkan tempat tinggal terdekat dengan Guntur adalah Kota Tarogong berjarak 5 km ke arah tenggara dengan populasi sekitar 25.000 orang, sementara di tepi utara Kota Garut terdapat populasi sekitar 126.000 orang. Perkembangan penduduk itu memicu perkembangan permukiman. Kini, permukiman telah mencapai lahan dari aliran lava 1847 yang merupakan pinggirannya Kota Tarogong. Kota ini dikenal sebagai penghasil ikan air tawar untuk Jawa Barat. Juga memiliki sektor produk pertanian yang kuat berupa buah dan sayuran yang ditanam di perkebunan lokal. Dengan demikian, pemerintah daerah perlu mewaspadaikan pertumbuhan populasi yang cepat di utara menuju sisi selatan Guntur selama dekade terakhir. 3,4 juta tinggal dalam jarak 30 km. 24,5 juta tinggal dalam jarak 100 km.

Adapun langkah mitigasi yang selalu dilakukan adalah memantau aktivitas Gunung Guntur baik visual maupun deteksi kegempaan secara menerus melalui Pos Pengamatan Gunung Api yang berada di Desa Sirnajaya, Kecamatan Tarogong, Kab. Garut, dengan posisi geografi $07^{\circ} 11' 55.2767''$ LS dan $107^{\circ} 51' 39.1195''$ BT pada ketinggian 866 mdpl. Pengamatan visual dipantau secara menerus meliputi tinggi, warna, tekanan asap serta arah penyebarannya. Disamping itu juga dilakukan pengukuran suhu mata air panas yang berada di Cipanas, Kecamatan Tarogong. Sedangkan, pemantauan gempa dilakukan dengan memasang 5 (lima) unit seismometer secara permanen. Semua sinyal gempa dikirim ke pos pengamatan dengan menggunakan radio telemetri.

Semua data kegempaan direkam secara digital dengan menggunakan Datamark LS-3000, untuk sinyal gempa yang datang stasiun Kabuyutan juga direkam secara analog dengan perekam



Gambar 9.16. Peta Kawasan Rawan Bencana (KRB) Gunung Guntur, Garut, Jawa Barat, Skala 1 : 50.000. Terlihat pol aliran lava, baik berstatus KRB II maupun I yang berada di sisi kanan mengarah tepat ke kota. (Sumber: PVMBG, Badan Geologi, 2014).

tipe PS-2. Pos Pengamatan Gunung Guntur juga berfungsi sebagai “Pos Regional Center” karena menerima juga data kegempaan dari Gunung Papandayan dan Gunung Galunggung. Data kegempaan Gunung Guntur-Papandayan dan Gunung Galunggung diteruskan ke Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi di Bandung dengan teknologi VSAT. Selain melalui Pos Gunung Api, langkah mitigasi bencana yang dilakukan PVMBG, Badan Geologi juga melalui penyusunan peta Kawasan Rawan Bencana (KRB) seperti terlihat pada Gambar 9.16. Peta KRB tersebut membagi tingkat kerawanan dalam dua tingkatan, yaitu: Kawasan Rawan Bencana II dan Kawasan Rawan Bencana I.

> **Kawasan Rawan Bencana (KRB) II**

KRB II ini merupakan kawasan yang berpotensi terlanda awan panas, aliran lava, kemungkinan longsoran puing vulkanik (*‘volcanic debris avalanches’*), lontaran batu pijar, hujan abu lebat dan lahar. Kawasan ini dibedakan menjadi dua, yaitu:

- Kawasan rawan bencana terhadap aliran massa berupa awan panas, aliran lava, aliran piroklastik, runtuh lereng,

dan kemungkinan guguran puing vulkanik (*'volcanic debris avalanches'*) dan lahar. Zona kecepatan rendah telah dicitrakan 6-8 km di bawah kawah Guntur.

- Kawasan rawan bencana terhadap material lontaran dan jatuhnya seperti lontaran batu (pijar) dan hujan abu lebat. Penarikan batas Kawasan Rawan Bencana II didasarkan pada bentang alam gunungapi terutama di daerah sekitar puncak dan lereng serta sejarah kegiatan gunungapi tersebut pada masa lalu baik untuk awan panas, aliran lava, lahar maupun lontaran. Sebaran awan panas dan lava serta perluasannya dapat terjadi bila ada perubahan komposisi, misalnya semula basa menjadi menengah (*intermedier*) atau bahkan menjadi asam atau terjadi percampuran magma (*magma mixing*), sehingga terjadi letusan (erupsi) hebat yang merubah bentang alam Gunung Guntur secara drastis.

> **Kawasan Rawan Bencana I**

KRB I ini merupakan kawasan berpotensi terlanda lahar/banjir dan kemungkinan terlanda perluasan awan panas dan lava. Kawasan ini berada di sepanjang/di dekat lembah sungai atau di bagian hilir sungai yang berhulu di daerah puncak gunungapi. Selama letusan membesar, kawasan ini berpotensi tertimpa hujan abu lebat dan lontaran batuan (pijar) dan bila letusan besar terjadi kemungkinan dapat terlanda longsoran puing vulkanik terutama daerah lereng dan kaki tenggara. KRB I dibedakan menjadi dua, yaitu:

- Kawasan Rawan terhadap aliran massa berupa lahar/banjir dan kemungkinan perluasan awan panas dan lava. Kawasan ini berada di sepanjang sungai/di dekat lembah sungai atau di bagian hilir sungai yang berhulu di daerah puncak. Bilangan letusan besar terjadi (*Volcanic Explosion index/VEI 6*) kawasan ini kemungkinan terlanda longsoran puing vulkanik (*volcanic debris avalanche*).
- Kawasan Rawan terhadap material lontaran/jatuhnya piroklastik dan kemungkinan terkena lontaran batu (pijar). Sebaran material

ukuran halus seperti pasir dan abu tergantung arah angin saat terjadi letusan, sedangkan kawasan yang berpotensi dilanda lontaran batu (pijar) batas sebarannya berbentuk lingkaran dengan radius 8 km hingga perlu kewaspadaan yang lebih tinggi. Kemungkinan terjadinya *volcanic debris avalanches* akibat gempa tektonik, sebagian besar terkonsentrasi kurang dari 5 km di bawah sisi barat kawah Guntur. Mungkin, hal ini disebabkan di bawah kompleks Gunung Guntur terdapat struktur tektonik yang relatif rumit dan adanya beberapa sesar aktif yang diperkirakan berada di antara kaldera Gandapura dan Gunung Masigit berupa sesar geser. Sesar lainnya adalah sesar normal yang ada disebelah barat sepanjang Kamojang hingga kaldera Derajat.

Menurut Sadikin (dalam Meriyani, 2011) kemungkinan aktivitas seismik Gunung Guntur tidak hanya dikontrol oleh aktivitas magma dari gunung api itu sendiri, juga bisa dari aktivitas tektonik yang ada di sekitarnya. Walter (dalam Meriyani, 2011) menjelaskan bahwa aktivitas sesar yang aktif dapat mempengaruhi sistem magma pada gunung api dan mengubah aktivitas letusan. Disamping itu, aktivitas magma juga dapat mengubah tekanan pada sesar aktif sehingga memicu terjadinya gempa tektonik dengan intensitas yang lebih besar.

Informasi dari peta kawasan rawan bencana (KRB) Gunung Guntur ini menjadi salah satu tematik yang dibutuhkan dalam sintesis geologi lingkungan untuk kebutuhan pengembangan wilayah perkotaan. Selanjutnya rekomendasi geologi lingkungan akan menjadi dasar dalam penyusunan rencana tata ruang dan pengelolaan lingkungan.

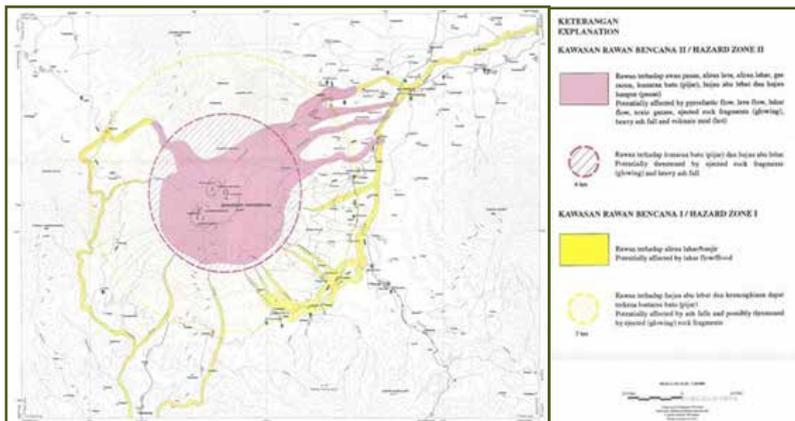
• **Kawasan Rawan Bencana Gunung Papandayan**

Di wilayah tinggian Cekungan Garut, PVMBG Badan Geologi melakukan pemantauan aktivitas vulkanisme tidak hanya pada Gunung Guntur, juga pada Gunung Papandayaan. Pos Pengamatan Gunung api ini terletak di kampung Pusparendeng/Pangadegan, Desa Pakuwon, Kecamatan Cisarupan, Kabupaten Garut, tepatnya

berada di lereng timur laut yang berjarak sekitar 6 Km dari Gunung Papandayaan.

Gunung Papandayan mempunyai kawah aktif yang terbuka ke arah timurlaut, sehingga kemungkinan bahaya yang akan ditimbulkan apabila terjadi erupsi terutama erupsi eksplosif magmatik/preatomagmatik adalah daerah yang berada di arah bukaan dengan konsentrasi pemukiman relatif besar).

Pengamatan visual dilakukan melalui pemeriksaan kegiatan gunung api yang tampak di permukaan berupa hembusan asap, buakan lumpur, konsentrasi H₂S, perubahan kegiatan solfatara, dan fumarola serta suhu kawah aktif yang dilakukan secara berkala oleh petugas pengamat. Sedangkan pengamatan seismik dilakukan untuk memantau kegiatan gempa vulkanik dan tektonik dengan menggunakan satu seismograf tipe PS-2. Signal gempa yang diterima dari Gunung Papandayan dikirim secara telemetri ke Pos Pengamatan Gunung Api. Selama ini, hasilnya didominasi oleh gempa-gempa tektonik yang bersumber dari daerah pantai selatan Pulau Jawa. Pada umumnya kegiatan di setiap kawah tidak menunjukkan kegiatan yang mencolok.



Gambar 9.17. Peta Kawasan Rawan Bencana Gunungapi Papandayan, Provinsi Jawa Barat, skala 1 : 50.000 di buat sebagai landasan dalam melakukan mitigasi bencana lutasan gunung api.

Berdasarkan hal tersebut di atas, PVMBG membagi daerah bahaya Gunung Papandayan menjadi tiga kawasan, yaitu Kawasan Rawan Bencana III, II dan I, masing-masing dijelaskan sebagai berikut, (Gambar 9.17):

> Kawasan Rawan Bencana III,

KRB III ini merupakan kawasan yang sangat berpotensi terlanda awan panas, aliran lava, material lontaran batu pijar, guguran lava, hujan abu lebat dan atau gas beracun. Juga daerah yang terancam oleh awan panas dan aliran lava serta eflata dan lahar. Daerah bahaya ini meliputi daerah timurlaut (daerah bukaan kawah aktif). Pada erupsi 1772, daerah ini terlanda awan panas dengan korban jiwa dan kerugian harta benda yang besar. Kampung yang termasuk ke dalam Daerah Bahaya III ini adalah: kampung Pangadegan, Ciburuy, Cipaniis, Cilimus, Dungus Maung, dan Cipaganti dengan jumlah penduduk sekitar 6.014 (data 1984).

> Kawasan Rawan Bencana II

KRB II merupakan daerah terancam jatuhnya bom gunung api dan eflata lainnya (jatuhnya piroklastik). Tanpa memperhitungkan arah tiupan angin, meliputi daerah hampir berbentuk lingkaran di luar daerah bahaya dengan jari-jari 5 sampai 8 km, berpusat di kawah aktif (Kawah Mas). Daerah bahaya lontaran ini meliputi 44 kampung (menurut data tahun 1984, jumlah penduduk di sekitar bahaya lontaran ini sekitar 46.494 jiwa), di antaranya; kampung Simpang (sebagian), Rancadadap, Pusparendeng (sebagian), Pasirjeungjing, Panday, Cisaroni, Cisero, dan Cidatar. Lontaran-lontaran bom gunung api sering mengakibatkan rusaknya infra struktur.

> Kawasan Rawan Bencana I

KRB I ini merupakan daerah yang terancam bahaya lahar pada musim penghujan (bahaya sekunder), meliputi daerah yang letaknya berdekatan dengan sungai dan berhulu di tepi kawah (daerah puncak). Secara topografi letaknya relatif lebih rendah. Kampung

yang terdapat dalam Daerah Bahaya II ini, adalah; kampung Cipagetaran (sebagian), Jamban, Cibalong (sebagian), Cipelah, Cempaka, Cimuncang, Garduh (sebagian), Ciraab, Leles, Cimanuk, Cibuluh, Panagan, Panggilingan, Simpang 1, dan Pasirparung. Jumlah penduduk yang berada di Daerah Bahaya II ini sekitar 46.494 jiwa (data 1984).

Kegempaan

Potensi kegempaan yang tinggi menjadi salah satu hal yang diperhatikan di Indonesia, karena seringnya gempa bumi terjadi di beberapa daerah, terutama daerah yang berada di sekitar zona tektonik aktif (Irwansyah-Edi, 2012). Salah satu daerah di Indonesia yang sering merasakan gempa adalah Kabupaten Garut, terutama di bagian selatannya, karena berada pada zona subduksi antara lempeng Eurasia dengan lempeng Indo-Australia pada selatan Jawa, serta dikelilingi oleh patahan-patahan aktif, terutama patahan di regional Jawa Barat.

Gempa bumi dengan intensitas dan magnitudo tertentu merupakan respon atas pergerakan lempeng aktif, sehingga dapat menyebabkan kerusakan lingkungan bahkan mengancam jiwa manusia. Berdasarkan catatan para penyelidik terdahulu, wilayah Cekungan Garut telah mengalami beberapa gempa tektonik. Gempa yang cukup besar terjadi pada tanggal 2 November 1979 yang menimbulkan korban jiwa sebanyak 26 orang meninggal dunia serta 211 orang luka berat dan ringan akibat tertimpa reruntuhan bangunan. Episentrum gempa terdapat pada 81°25' LS dan 108°00'00" BT. Lebih kurang 185 km selatan Kota Garut pada kedalaman 100 km dengan kekuatannya 6,4 skala Richter. Kemudian, gempa yang cukup besar tercatat pada tanggal 07 April 2016 berpusat di sekitar 101 km barat daya Garut pada kedalaman 10 km dengan kekuatan 6,1 SR.

Gempa bumi yang belum lama ini terjadi di Kabupaten Garut, terjadi pada hari Rabu, 1 Desember 2021, pukul 07:05 WIB. Berdasarkan informasi dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), pusat gempa bumi terletak di darat pada

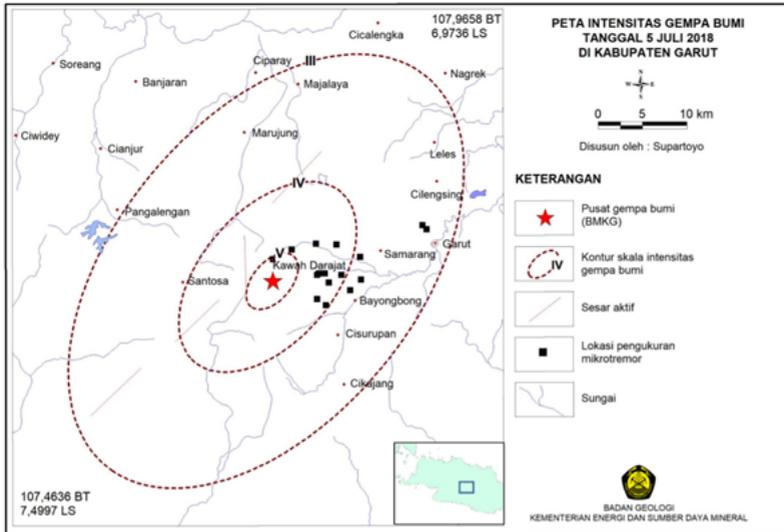
koordinat 107,69° BT dan 7,26° LS (23 km baratdaya Kabupaten Garut, Jawa Barat) dengan magnitudo M3,7 pada kedalaman 10 km. Pusat gempa bumi berada di darat, di barat daya kaki Gunung Kendang, Kabupaten Bandung.

Berdasarkan tataan tektonik, selatan Jawa dipengaruhi oleh zona penunjaman Lempeng Indo-Australia ke bawah Lempeng Eurasia, sehingga memberikan kontribusi tektonik di laut maupun di daratan Pulau Jawa. Wilayah sekitar pusat gempa bumi pada umumnya berupa perbukitan bergelombang hingga terjal yang tersusun oleh endapan Kuartar berupa batuan rombakan gunung api muda, dan sebagian batuan tersebut telah mengalami pelapukan. Pada umumnya, endapan Kuartar tersebut bersifat urai, lunak, lepas, belum kompak (*unconsolidated*) dan memperkuat efek guncangan, sehingga rawan guncangan gempa bumi.

Berdasarkan lokasi pusat gempa bumi dan kedalamannya, maka kejadian gempa bumi tersebut berasosiasi dengan aktivitas sesar Garsela (Garut Selatan) yang berarah timur laut-barat daya. Biasanya guncangan gempa bumi dirasakan di beberapa daerah terutama di wilayah selatan Kabupaten Bandung dan Kabupaten Garut.

Berdasarkan data Shakemap BMKG, guncangan gempa bumi dirasakan di Pasirwangi, Kamojang, dan Paseh dengan intensitas IV MMI (*Modified Mercally Intensity*), serta di Pangauban, Bayongbong, Cikajang, Samarang dan Ciparay dengan intensitas III MMI. Gempa bumi ini tidak menyebabkan tsunami karena lokasi pusat gempa bumi berada di darat. Menurut data Badan Geologi, permukiman penduduk yang terlanda guncangan gempa bumi terletak terletak pada Kawasan Rawan Bencana (KRB) gempa bumi menengah.

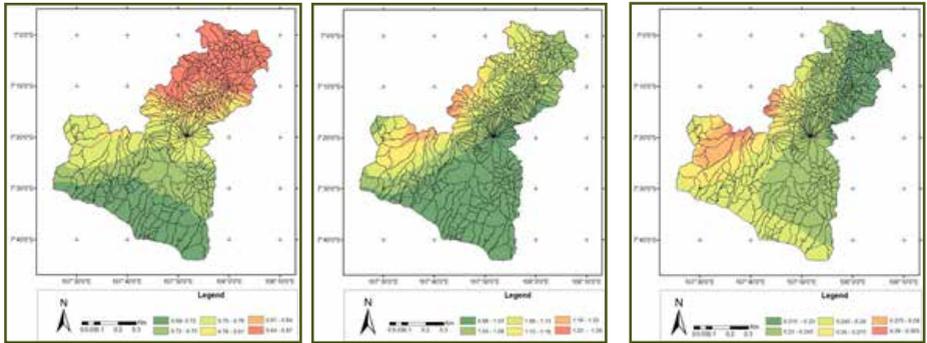
Gempa bumi 1 Desember 2021 ini pernah terjadi pula pada tanggal 5 Juli 2018 dan intensitas gempa bumi di wilayah Darajat (Gunung Kendang) dapat diketahui melalui pengukuran mikrotremor (Supartoyo, 2018) seperti terlihat pada Gambar 9.18 Umumnya kejadian gempa bumi yang terjadi di wilayah Kabupaten Garut berpusat pada zona wadati beniof (bagian dari zona subduksi) dan berdasarkan hasil penafsiran peta Bourger Jawa Madura yang



Gambar 9.18. Peta intensitas gempa bumi tanggal 5 Juli 2018 di Kabupaten Garut.

dilakukan Untung, drr., (1974) menunjukkan bahwa di selatan Jawa Barat terdapat jalur lemah yaitu jalur sesar yang mudah terganggu rambatan gempa.

Lebih spesifik lagi, Mufidatul Khoiroh, drr., (2018) melakukan analisis bahaya kegempaan berdasarkan percepatan tanah maksimum, yang hasilnya bahwa bahaya gempa akibat sumber gempa di Kabupaten Garut memiliki kecenderungan nilai kecil hingga besar yang terbagi pada bagian-bagian daerah tertentu. Nilai PGA ada batuan dasar di wilayah Kabupaten Garut cenderung tinggi terutama di sebelah utara hingga sedikit menyamping ke arah barat, dan nilai kegempaan yang kecil terdapat pada bagian daerah sebelah selatan hingga tenggara. Dalam analisis ini, nilai PGA yang dihasilkan memiliki rentang 0,69 g hingga 0,87 g. Untuk kegempaan Kabupaten Garut pada periode pendek (0,2 s) didapat nilai pada rentang 0,96 g hingga 1,28 g, menunjukkan kecenderungan besar pada bagian daerah sebelah barat, dan kecenderungan kegempaan Kabupaten Garut pada periode panjang (1 s) berada pada rentang



Gambar 9.19. Kiri: PGA di batuan dasar; Tengah: peta percepatan di batuan dasar pada spektra percepatan dengan periode pendek ($T=0,2$ sekon); dan kanan: peta percepatan di batuan dasar Kabupaten Garut pada spektra percepatan dengan periode pendek ($T=0,2$ sekon).

0,215 g hingga 0,305 g, menunjukkan nilai tinggi pada bagian daerah sebelah barat pula.

Berdasarkan ketiga hasil tersebut di atas menunjukkan bahwa nilai bahaya kegempaan Kabupaten Garut cenderung tinggi pada bagian daerah sebelah barat (Gambar 9.19) dan bila dikaitkan dengan data yang digunakan, maka penyebab besarnya probabilitas kegempaan Kabupaten Garut disebabkan karena adanya patahan (sesar) Garsela Rakutai dan patahan Garsela Kencana yang terletak pada sisi barat Kabupaten Garut. Bagian daerah yang dilewati oleh patahan tersebut, diantaranya Kecamatan Cisewu, Kecamatan Tarogong, Kecamatan Pamulihan, Kecamatan Cisurupan, Kecamatan Sukaresmi, dan Kecamatan Pasirwangi, dan lain-lainnya.

Dengan demikian, hasil penelitian Mufidatul Khoiroh, dr., (2018) dapat dihipotesiskan bahwa bahaya kegempaan Kabupaten Garut berasosiasi dengan nilai PGA dengan respon spektra percepatan di batuan dasar makin meningkat di sisi barat Kabupaten Garut, sehingga wilayah tersebut dapat dikatakan mempunyai integritas tinggi jika gempa bumi terjadi. Keadaan ini membutuhkan perhatian pemerintah daerah melalui badan penanggulangan bencana daerah (BPBD) secara seksama terutama wilayah pemukiman yang berada di zona gempa bumi dan jalur sesar.

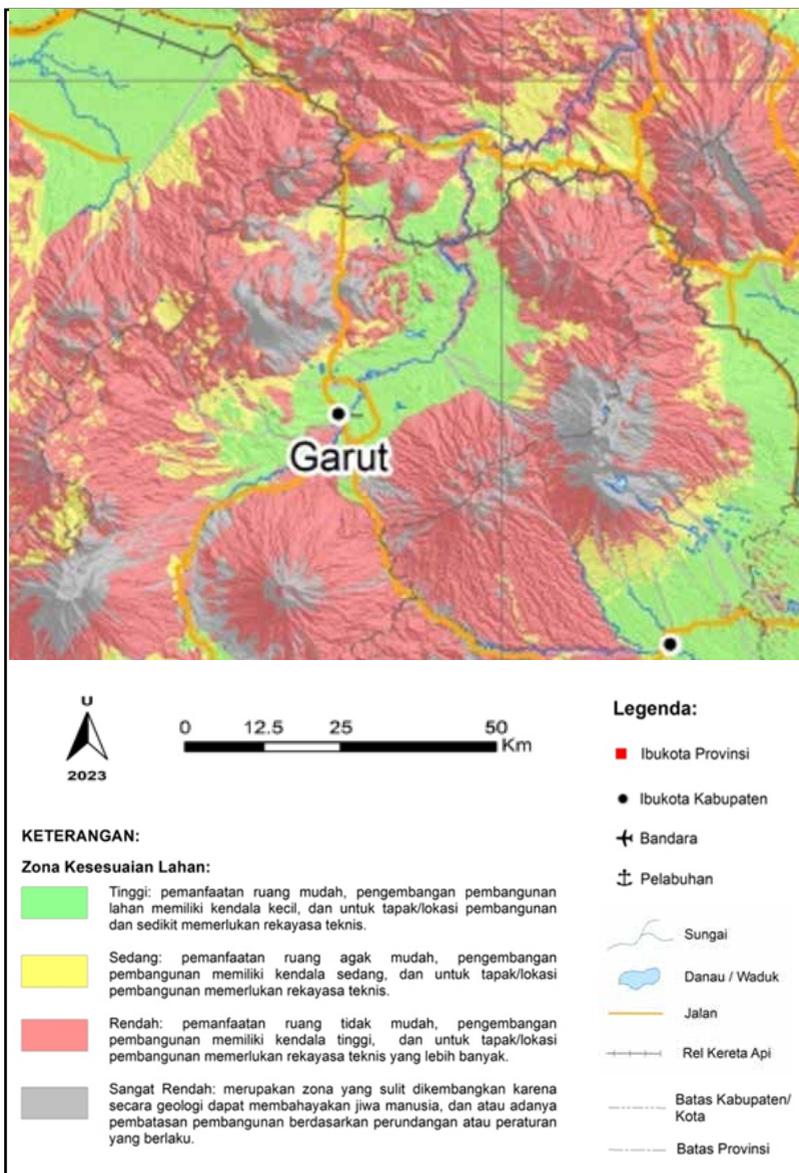
Sintesis Geologi Lingkungan

Di dalam penyusunan tata ruang dan pengelolaan lingkungan, berbagai faktor yang menyangkut lingkungan fisik suatu wilayah perlu terlebih dahulu dikaji secara seksama sebagai masukan yang mempunyai peranan penting sebagai bahan dasar dalam analisis atau sintesis geologi lingkungan. Bahan dasar yang dimaksud meliputi data daya dukung geologi berupa bentangalam/topografi, sifat fisik batuan dan tanah, dan data sumber daya geologi berupa air, bahan bangunan, mineral, dan lain sebagainya. Sedangkan data yang berkaitan dengan kendala geologi berupa bahaya erosi, banjir, longsor, likuefaksi, erupsi gunung api, kegempaan, dan tsunami.

Hasil sintesis geologi lingkungan dalam buku ini terdiri atas dua bagian yaitu: 1) peta zona kesesuaian lahan permukiman regional yang disusun pada skala 1 : 100.000 dan 2) peta satuan geologi lingkungan yang disusun pada skala 1 : 50.000.

Secara umum zona kesesuaian lahan permukiman regional disusun berdasarkan hasil kajian geologi lingkungan terdahulu dan analisis data sekunder dari berbagai kondisi lingkungan geologi meliputi: 1) Tematik Sumber daya geologi terdiri atas morfologi/kemiringan lereng, batuan dasar dan tanah pelapukan, keterdapatan air tanah; 2) Tematik Kendala Geologi terdiri atas gunungapi, gerakan tanah, gempa bumi, tsunami, dan likuefaksi; dan 3) Faktor Penyisih terdiri atas Zona Gerakan Tanah Tinggi, KRB Gunungapi III, Zona Patahan Aktif, dan Kawasan Lindung Geologi (Kawasan Bentang Alam Karst). Sintesis geologi lingkungan menggunakan metode AHP dan penilaian para ahli dengan pembobotan/skorings dan tumpang susun (*superimposed*) dari peta-peta tematik tersebut di atas serta diolah dengan perangkat lunak Sistem Informasi Geografi (SIG). Peta kesesuaian lahan ini bermanfaat sebagai masukan untuk rencana tata ruang wilayah (RTRW) Kabupaten Garut.

Adapun satuan geologi lingkungan regional wilayah Cekungan Garut dan sekitarnya dapat dikelompokkan menjadi tujuh satuan, sebagai berikut: (Gambar 9.21).



Gambar 9.20. Peta Kesesuaian lahan permukiman regional wilayah Cekungan garut dan sekitarnya, (Sumber: PATGTL, Badan Geologi, 2023)

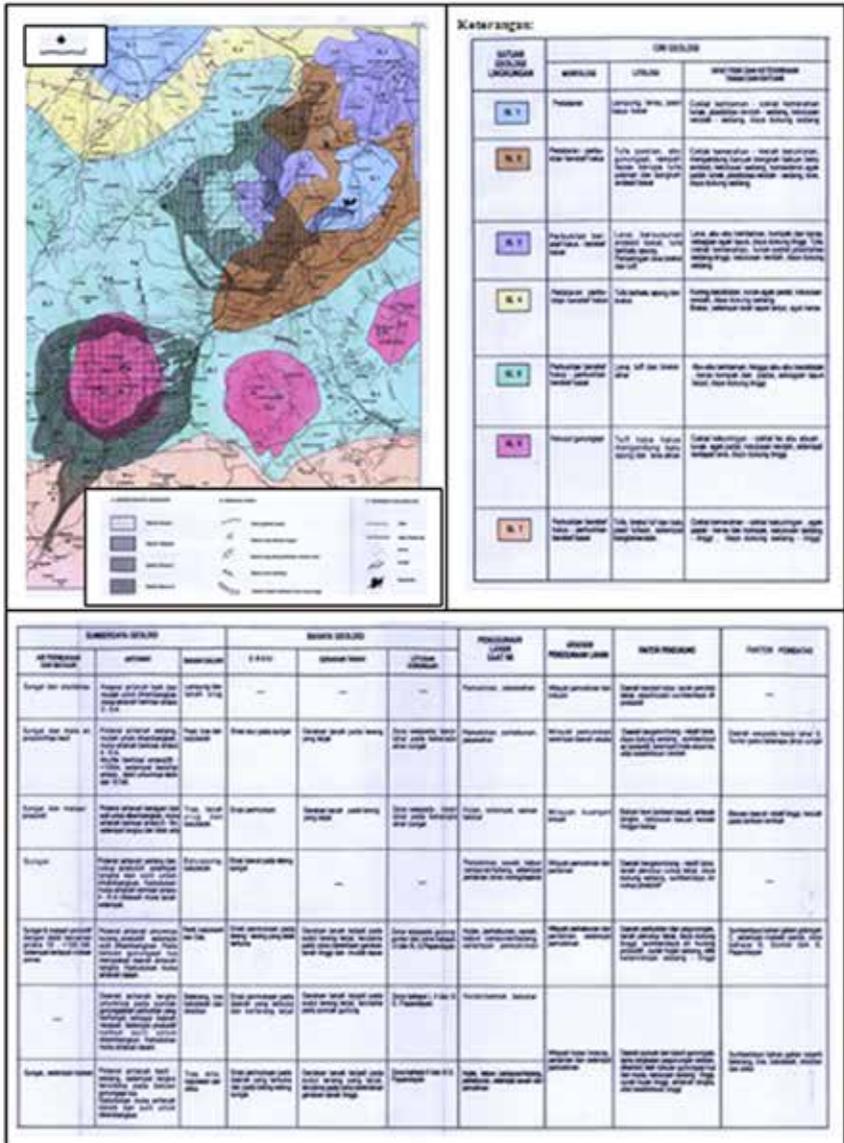
- **Satuan GLI**, menempati daerah bergelombang hingga pedataran, tersusun oleh batuan lempung, batu lanau, batu pasir halus hingga kasar dengan lapukan tanah yang umumnya berwarna kehitaman-coklat kemerahan, lunak, plastisitas rendah-sedang, kelulusan rendah-sedang, dan daya dukung tanah sedang.

Faktor pendukung yang berperan, di antaranya mudah untuk mendapatkan bahan bangunan dengan letak lokasi penggaliannya relatif dekat, sumber daya air tersedia cukup melimpah, berupa air permukaan yang bisa di ambil dari sungai-sungai yang selalu berair sepanjang tahun, air tanah bebas dengan debit sumur mencapai sekitar 10 l/detik dan letak kedalamannya antara 2 hingga 9 meter. Dalam keadaan terpaksa, air dapat diperoleh melalui air tanah tertekan dengan letak kedalamannya antara 45 hingga lebih dari 65 meter. Mata air banyak dijumpai di kaki-kaki bukit di sekitarnya dengan debit mencapai sekitar 300 l/detik. Dengan pengelolaan yang baik sumber air ini diperkirakan dapat memenuhi kebutuhan di masa depan.

Faktor kendala yang dijumpai berupa bahaya erosi permukaan, terutama di daerah yang terbuka dengan vegetasi jarang. Bahaya lingkungan ini relatif kecil atau tidak berpengaruh sama sekali terhadap tujuan pengembangan di atas. Mengingat daerah ini cukup peka terhadap risiko gempa bumi, maka untuk pendirian bangunan terutama bangunan berat, perlu dipikirkan bangunan tahan gempa di antaranya dengan menggunakan fondasi yang diletakkan pada batuan keras dengan tekanan konus sondir $>150 \text{ kg/cm}^2$ pada kedalaman lebih dari 9 meter. Batuan keras umumnya tersusun oleh batuan vulkanik muda.

Berdasarkan kondisi di atas, maka lahan wilayah 1 ini dianggap memadai untuk peruntukan lahan permukiman perkotaan atau lahan industri yang mungkin dibutuhkan di masa depan.

- **Peruntukan Lahan GL II**, menempati daerah pedataran-perbukitan berelief halus dengan kemiringan lereng kurang dari 8%, disusun oleh endapan aluvial sungai, rawa, danau dengan litologi berupa tufa pasir, abu gunung api, rempah lepas



Gambar 9.21 Peta Geologi Lingkungan Wilayah Cekungan Garut.

berupa tufa pasiran dan bongkah andesit basal. Tanah berwarna coklat kemerahan dan merah kecoklatan, mengandung banyak bongkah batuan beku andesit, kelulusan sedang, konsistensi agak padat-lunak, plastisitas rendah-sedang, lava, dan daya dukung tanah sedang dengan tekanan konus sondir $>150 \text{ kg/cm}^2$ pada kedalaman mulai dari 7 hingga 24 meter.

Faktor pendukung: diantaranya memiliki sumber bahan bangunan pasir, tras, dan batu belah; daya dukung tanah sedang dengan tekanan konus sondir $>150 \text{ kg/cm}^2$ pada kedalaman mulai dari 7 hingga 24 meter; potensi air permukaan yang berasal dari sungai umumnya produktivitas kecil; potensi air tanah produktivitas sedang dengan akuifer berkisar antara 30 hingga 100 meter, muka air tanah berkisar 4 hingga 9 meter, setempat bersifat artesis, dan debit umumnya lebih dari 10 l/detik.

Faktor kendala geologi berupa bahaya erosi alur pada sungai, gerakan tanah pada lereng yang terjal, dan beberapa aliran sungai berada pada zona waspada banjir lahar dari Gunung Guntur.

Berdasarkan keadaan daya dukung dan kendala geologi seperti dijelaskan di atas, maka kesesuaian peruntukan lahan II menunjukkan lahan yang dianggap memadai untuk kebutuhan permukiman pedesaan tanpa bangunan berat.

- **Satuan GL III**, menempati bentang alam lembah sungai, disusun oleh endapan aluvium sungai, yang sebagian besar wilayahnya merupakan daerah limpah banjir di kala musim hujan. Lahan pada wilayah III ini umumnya memiliki faktor pendukung dan kendala geologi relatif sama dengan lahan wilayah II.

Dengan mempertimbangkan faktor tersebut di atas, maka wilayah ini dapat dijadikan jalur hijau, atau penghutan yang sekaligus sebagai imbuhan air tanah dan pengatur saluran drainase permukaan. Penggalan pasir sungai dan batu belah sepanjang alur sungai di wilayah ini perlu memperhatikan kondisi lingkungan sekitar dan teknik penambangan yang baik.

- **Satuan GL IV**, menempati wilayah pedataran hingga bergelombang landai, tersusun oleh batuan vulkanik muda dan

aluvium. Secara umum karakteristiknya tidak jauh berbeda dengan wilayah I atau wilayah II, tetapi wilayah ini mempunyai faktor pembatas yang harus diperhitungkan yaitu berada pada daerah bahaya Gunung Guntur dan Gunung Papandayaan, terutama ketika akitivitas gunung-gunung tersebut memasuki periode erupsi atau letusan. Demikian pula halnya dengan penggalian bahan bangunan di wilayah ini perlu pengawasan dalam menggunakan teknik penambangan yang disesuaikan dengan program mitigasi bencana gunung api dan gerakan tanah.

Peruntukan lahan pada satuan GL IV ini sesuai untuk lahan pertanian dan permukiman jarang atau sesuai dengan koefisien dasar bangunan. Hanya saja yang perlu diperhatikan adalah sistem drainase permukaan dan untuk kegiatan penggalian bahan bangunan perlu penyelidikan lebih lanjut.

- **Satuan GL V**, menempati daerah perbukitan berelief halus-perbukitan berelief kasar dengan kemiringan lereng antara 8% hingga 25%, tersusun oleh batuan hasil gunung api muda dan tua sehingga banyak dijumpai mata air di kaki-kaki bukitnya, sementara pada kaki pegunungan bagian atas merupakan daerah resapan atau imbuan air tanah yang harus dilindungi sehingga pengembangan pemukiman di daerah ini perlu di cegah, kalau pun diizinkan hanya untuk kepentingan penduduk lokal dan pariwisata secara terbatas tanpa merubah bentang alam

Faktor pendukung berupa sumber daya bahan bangunan berupa batu belah dan lain-lain cukup berlimpah serta penggaliannya cukup mudah dilakukan. Hanya saja, perubahan kondisi lingkungan geologi (fisik) cukup rentan terhadap perubahan lingkungan hidup disekitarnya, maka untuk melakukan penambangan bahan bangunan perlu memperhatikan teknik penambangan yang baik sehingga tidak akan merugikan kualitas lingkungan eksisting atau terhadap para penggali sendiri mengingat wilayah ini cukup peka terhadap gerakan tanah (longsor) dan runtuhuan batuan.

Faktor kendala lingkungan fisik cukup besar berupa erosi permukaan dan gerakan tanah terutama pada saat pembukaan lahan pada zona kerentanan tanah sedang dapat meningkatkan peringkat kerentanan gerakan tanahnya menjadi tinggi hingga sangat tinggi.

Dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan geologi tersebut di atas, maka wilayah ini bisa dikembangkan sebagai lahan pertanian tanaman keras. Kondisi eksisting penggunaan lahan saat ini terutama berupa perkebunan teh yang umumnya tersebar di wilayah Gunung Cikuray, Gunung Karacak, dan Gunung Kendang. Sementara di beberapa tempat terutama di sekitar lembah berupa hutan.

- **Satuan GL VI**, menempati daerah perbukitan tinggi, kaki gunung, dan tubuh gunung api dengan kemiringan lereng antara 25% hingga lebih dari 45%. Tersusun oleh batuan hasil gunung api muda dan tua yang menempati bentang alam kaki gunung hingga pegunungan. Di wilayah pegunungan ini terdapat gunung api aktif yaitu Gunung Guntur dan Gunung Papandayan.

Secara hidrogeologi, wilayah ini merupakan daerah resapan atau imbuhan air tanah yang harus terjaga keberadaannya agar fungsinya tidak menurun. Selain itu, jika dikembangkan menjadi lahan yang bervegetasi jarang akan menimbulkan bahaya lingkungan seperti gerakan tanah, erosi permukaan yang berlebihan terutama pada daerah yang terindikasi struktur geologi yang berkembang seperti sesar aktif dapat memicu intensitas bahaya geologi seperti erosi dan gerakan tanah.

Penggalian bahan bangunan di wilayah ini dapat menimbulkan dampak lingkungan yang akan merugikan terhadap kualitas lingkungan eksisting, sehingga segala aktivitas penambangan di wilayah ini harus dihentikan. Dengan demikian sebaiknya wilayah pegunungan ini berperan sebagai hutan lindung dan konservasi seperti keadaan saat ini.

- **Satuan GL VII**, menempati daerah perbukitan berelief halus-perbukitan berelief kasar dengan kemiringan lereng antara

8% hingga 25%, tersusun oleh batuan tua berupa tufa, breksi tuf dan batuan pasir tufaan, setempat konglomerat, sedangkan tanah pelapukan umumnya berwarna coklat kemerahan-coklat kekuningan, agak padat, keras, kompak, kelulusan sedang-tinggi, dan daya dukung tanah sedang-tinggi. Penggunaan lahan berupa hutan, kebun campuran/ladang, perkebunan, setempat sawah dan pemukiman.

Faktor pendukung, memiliki banyak sungai dan setempat terdapat mata air, potensi air tanah kecil-sedang, setempat langka, kedudukan muka air tanah dalam dan sulit untuk dikembangkan. Sumber daya bahan bangunan berupa tras, sirtu, batubelah, dan silika.

Faktor kendala berupa erosi permukaan pada daerah yang terbuka dan pada tebing-tebing sungai. Gerakan tanah terjadi pada sudut lereng yang terjal, terutama pada zona kerentanan gerakan tanah. Terdapat daerah bahaya gunung api yang termasuk zona II dan I Gunung Papandayan.

Berdasarkan kondisi di atas, maka wilayah VII ini sesuai sebagai hutan lindung, perkebunan, pertanian, dan setempat permukiman.

Tentunya kedua peta geologi lingkungan yang dijelaskan di atas dapat digunakan sebagai bahan dasar dalam menyusun Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Garut. Sedangkan untuk kebutuhan Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) membutuhkan informasi geologi lingkungan rinci dan itu sulit diperoleh data yang utuh. Untuk itu, penulis mencoba memutakhirkan dan mendetailkan informasi geologi lingkungan regional seperti telah dijelaskan di atas dengan dukungan data-data terbaru yang banyak dimuat dalam berbagai jurnal ilmiah dan laporan penelitian. Pendetailan informasi geologi lingkungan ini khusus untuk beberapa kawasan prioritas pengembangan di wilayah Cekungan Garut, seperti dijelaskan berikut ini.

Revitalisasi Situ Bagendit

Situ Bagendit merupakan danau yang berada di tengah Cekungan Garut dengan batas administrasi disebelah utara berbatasan dengan desa Banyuresmi, disebelah selatan berbatasan dengan desa Cipicung, disebelah timur berbatasan dengan desa Binakarya, dan di sebelah barat berbatasan dengan Desa Sukamukti. Sedangkan geografis berada pada koordinat 07°09'30" - 07°10'00" LS dan 97°56'15" - 97°57'00" BT, (Gambar 9.22).

Kini, Situ Bagendit menjadi salah satu prioritas Presiden Joko Widodo (Jokowi) untuk merevitalisasinya menjadi kawasan wisata berkelas dunia yang ada di Cekungan Garut. Keinginan presiden tersebut diutarakan ketika melakukan kunjungan kerja Februari 2019 ke wilayah Garut. Kemudian harapan itu ditindaklanjuti oleh pemerintah dengan melakukan koordinasi antara Gubernur Jawa Barat bersama Bupati Garut dengan Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian PUPR. Upaya itu merupakan langkah maju dalam memulai proses revitalisasi Situ Bagendit melalui tahapan revitalisasi lahan dan fisik bangunan yang dilaksanakan pada 2020 dan wujudnya semakin nyata pada 2023 ini. Namun demikian, revitalisasi kawasan Situ Bagendit perlu dilakukan dengan kehati-hatian tinggi, karena berdasarkan data terakhir yang dirilis oleh Disbudpar Kab. Garut (Darsiharjo, Rahmafritria, dan Rusliansyah, 2016), Situ Bagendit memiliki status sebagai kawasan perlindungan setempat yang ditetapkan Gubernur Jawa Barat melalui Perda Jabar Nomor 1 tahun 2013 tentang Pedoman Pelestarian dan Pengendalian Pemanfaatan Kawasan Lindung khususnya bagi wilayah Kecamatan Banyuresmi.

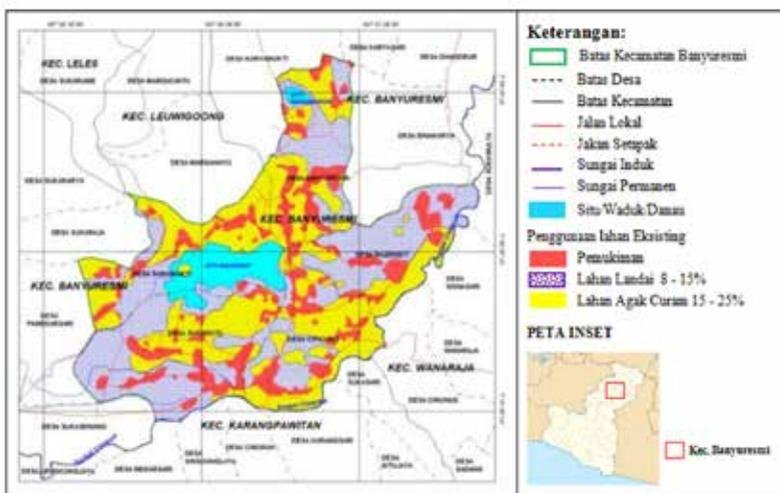
Dalam rangka revitalisasi Situ Bagendit tersebut, kajian kesesuaian lahan menjadi penting sebagai dasar perencanaan ruang dan pengelolaan lingkungan. Kajian kesesuaian lahan ini setidaknya berbasiskan pada tiga faktor mendasar, yaitu kondisi penggunaan lahan, kondisi geologi lingkungan, dan kondisi hidrografi.



Gambar 9.22. Peta Rupabumi yang menunjukkan keberadaan Situ Bagendit, di wilayah Cekungan Garut yang terlihat masih alami belum ada penataan selayaknya kawasan wisata.

Faktor Penggunaan Lahan

Kepentingan faktor penggunaan lahan berkaitan dengan potensi pengembangan amenities wisata dan pengembangan ruang terbuka hijau (RTH) di areal kawasan yang akan diproyeksikan sebagai wilayah fungsi lindung. Dalam hal ini penggunaan lahan eksisting memperlihatkan keadaan lingkungan situ masih dilingkupi oleh kawasan yang masih alami, namun sebagian lahan telah berfungsi sebagai pesawahan, perkampungan penduduk, amenities pariwisata, dan dapat dilayari sampai ke tengah situ, (lihat Gambar 9.23). Oleh karena itu, pengembangan wisata alam yang sedang dilakukan pemerintah daerah Kabupaten garut melalui Dinas Kebudayaan dan Pariwisata (Disbudpar) dapat menjadi solusi pelaksanaan Perda Jabar Nomor 1 tahun 2013 tentang Pedoman Pelestarian dan Pengendalian Pemanfaatan Kawasan Lindung.



Gambar 9.22. Peta Penggunaan Lahan Eksisting wilayah Kecamatan Banyuwedhi, Kabuoaten Garut.

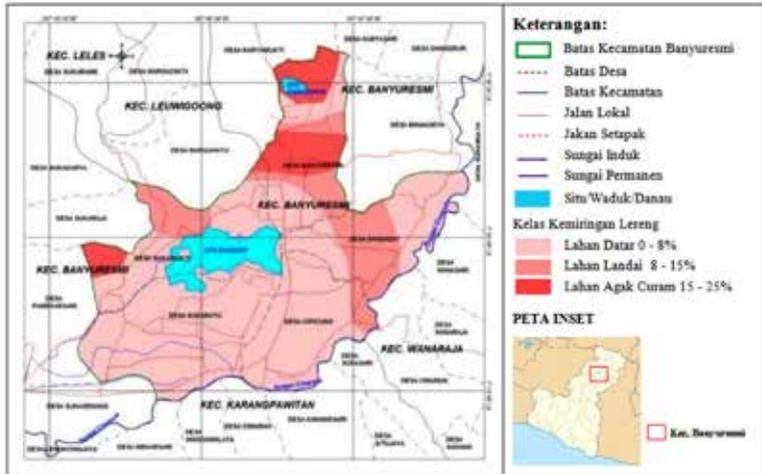
Lahan berfungsi lindung pada kawasan Situ Bagendit yang telah di rubah oleh masyarakat sekitar menjadi pesawahan adalah seluas sekitar 36,43 ha, umumnya berada pada wilayah sempadan bagian barat, sementara pemukiman berada di luar areal kawasan, namun jaraknya cukup dekat dengan batas-batas kawasan, sehingga dapat menghambat pengembangan penataan ruang wisata yang direncanakan, seperti pada amenitas pariwisata yang berada di bagian sempadan timur banyak berdiri bangunan warung-warung semi permanen. Walaupun demikian, kondisi eksisting vegetasi terlihat masih memiliki kerapatan sedang-tinggi, sehingga keberadaan RTH sebagai fungsi lindung dimanfaatkan untuk kegiatan wisata bernuansa alami. Hanya saja kondisinya belum seperti yang diharapkan, karena RTH masih ditempati warung-warung semi permanen, pemukiman penduduk, bahkan beberapa hektar kawasan menjadi lahan pertanian sawah penduduk sekitar. Oleh karena itu, pemerintah daerah perlu segera melakukan pengendalian dan pengaturan sesuai Perda No. 22 Tahun 2010 yang mengarahkan pemanfaatan sempadan di sekitar situ dengan ruang terbuka hijau (RTH).

Diharapkan pengembalian lahan dan konservasi lahan dan perairan dapat memperkuat fungsi lindung dan penantaan kawasan budidaya yang diperuntukkan untuk amenitas wisata di wilayah sempadan timur Situ Bagendit dapat memberi kenyamanan kepada para pedagang dan pengunjung. Juga, sebagian amenitas wisata lainnya dapat direlokasi ke area sempadan bagian utara sesuai dengan daya dukung lingkungannya. Pada area ini selain memiliki proporsi lahan yang cukup, juga masih lengang, sehingga persebaran amenitas di kawasan wisata Situ Bagendit terbagi secara proporsional.

Faktor Geologi Lingkungan

Kepentingan faktor geologi lingkungan adalah memberikan arahan kesesuaian lahan fisik yang menjadi dasar dalam mengatur pola dan struktur ruang khususnya pengembangan infrastruktur kepariwisataan, baik fasilitas, amenitas, aksesibilitas, dan lain sebagainya. Penataan ruang berbasis geologi lingkungan akan memberi solusi dan jalan tengah dalam menjaga kawasan lindung (konservasi) Situ Bagendit. Artinya pemanfaatan ruang dapat dilakukan secara optimal tanpa menimbulkan kerusakan ataupun penurunan kualitas situ itu sendiri. Adapun faktor-faktor penting geologi lingkungan yang dapat dikemukakan dalam buku ini, di antaranya kondisi bentang alam, geologi teknik, dan geohidrologi.

Dari sudut pandang bentang alam (morfologi), Situ Bagendit berada pada posisi sangat strategis, yaitu berada di tengah Cekungan Garut dan hampir seluruh wilayah permukaan di sekitar kawasan Situ Bagendit berada pada ketinggian yang sama, sekitar 700an mdpl, terbagi menjadi dua bagian, yaitu berupa hamparan lahan pedataran dan perbukitan dengan kemiringan lahan berkisar 0 hingga 25% dengan kelas kemiringan lahan yang teridentifikasi, terbagi menjadi tiga kelas (Gambar 9.24), yaitu: kemiringan lahan kelas I berkategori lahan datar dengan interval kelerengan antara 0-8%, kemiringan lahan kelas II berkategori lahan landai dengan interval kelerengan antara 8-15%, serta kemiringan lahan kelas III berkategori agak curam dengan interval kelerengan antara 15-25%. Variasi kemiringan lereng, secara bentang alam dikategorikan



Gambar 9.24. Peta Kemiringan Lereng wilayah Kecamatan Banyuwangi, Kabupaten Garut.

sebagai lahan datar hingga landai.

Dari sudut pandang geohidrologi badan air Situ Bagendit dialiri dari sungai Cimanuk dengan sub daerah pengairan sungai Ciojar dan Cibuyutan Selatan. Luas eksisting badan air Situ Bagendit adalah 87,57 ha. Kedalaman air rata-rata 2,20 m dengan kedalaman sedimen rata-rata 3,20 m. Saat ini badan air Situ Bagendit hanya mampu menampung 1.751.408 m³ akibat tumpukan sedimen yang mencapai 2.627.112 m³. Tumpukan sedimen tersebut telah melapuk menjadi tanah andosol dan aluvial yang sebarannya membentang mengitari areal badan air Situ Bagendit. Tanah andosol terbentang di wilayah sempadan bagian timur dan utara kawasan, sedangkan tanah aluvial terbentang di sebagian wilayah sempadan utara, barat, hingga ke bagian selatan rendah.

Dari sudut pandang geologi teknik di sekitar situ memiliki stabilitas tanah cukup tinggi (daya dukung yang diijinkan untuk fondasi dangkal adalah 10,9 ton/m² dan 4,7 ton/m²) dan memiliki sumber daya air yang produktif karena batuan yang melandasi Situ Bagendit didominasi material vulkanik tua yang berasosiasi dengan

hasil letusan (erupsi) beberapa gunung api, seperti Gunung Cikuray, Gunung Papandayan, dan Gunung Guntur. Erupsi gunung-gunung tersebut berlangsung beberapa kali secara sporadis selama periode Kuartar.

Berdasarkan data seperti dijelaskan di atas, kawasan di sekitar Situ Bagendit memiliki tingkat kesesuaian lahan tinggi berdasarkan aspek geologi lingkungan. Walaupun demikian, apabila pemanfaatan ruang terus meningkat tanpa pengelolaan lingkungan yang memadai, dikhawatirkan kerusakan lingkungan dapat meningkat dan tak terkendali sehingga pembangunan berkelanjutan yang diharapkan sulit dicapai.

Faktor Hidrografi

Kepentingan faktor hidrografi pada kawasan Situ Bagendit berkaitan dengan adanya kegiatan wisata tirta. Sehingga perlu di kaji seberapa besar intervensi kegiatan wisata tersebut terhadap kelestarian wilayah perairan. Untuk itu, langkah pertama yang perlu dilakukan adalah mengendalikan vegetasi eceng gondok dan vegetasi teratai air yang kini menutupi hampir sebagian besar badan air. Keberhasilan langkah ini dapat memperluas area dan mengembalikan kualitas air yang selama ini mengganggu kelestarian ekosistem yang ada di bawahnya. Selain itu, perlu mengatur sistem dan alur penyewaan sepeda air dan rakit-rakit untuk memberikan kenyamanan kepada wisatawan, pemilik kendaraan air, dan keamanan pada lingkungan alam itu sendiri terutama pada kawasan yang memiliki fungsi lindung, fungsi penting dalam mendukung kelestarian lingkungan kawasan Situ Bagendit.

Kajian ilmiah yang berkaitan dengan kondisi perairan Situ Bagendit telah dilakukan oleh Syaris Kamaludin, drr., (2018) dengan menggunakan kriteria: kemudahan akses, tingkat keamanan, efisiensi waktu, biaya murah, media, materi, dan efektivitas (Surakusumah, drr., 2016). Secara ringkas hasil studi tersebut dapat dilihat pada tabel 9.5 berikut ini.

Tabel 9.5. Hasil observasi di Perairan Situ Bagendit

No	Indikator Kelayakan	Kelayakan	
		Ya	Tidak
1	Kemudahan akses	√	
2	Tingkat keamanan	√	
3	Efisiensi waktu	√	
4	Biaya	√	
5	Media (Bahan ajar)	√	
6	Materi (Bioindikator Plankton)	√	
7	Efektifitas	√	

Informasi atau fakta-fakta yang diperoleh dari hasil penelitian keanekaragaman plankton di Situ Bagendit ini dapat dilihat pada pada Tabel 9.6. meliputi:

1. Berbagai faktor fisik kimia yang mempengaruhi kehidupan komunitas plankton pada perairan situ bagendit;
2. Metode pengukuran parameter dan analisis data kualitas perairan;
3. Keanekaragaman plankton pada perairan air tawar;
4. Peranan plankton sebagai bioindikator kualitas perairan; dan
5. Keterkaitan antara kualitas perairan air tawar dengan komunitas plankton.

Berdasarkan kajian kesesuaian perairan, maka pemanfaatan Situ Bagendit sebagai kawasan wisata perlu kehati-hatian karena memiliki fungsi utama sebagai kawasan konservasi. Oleh karen itu kegiatan yang disarankan adalah menggunakan konsep zona rekreasi ekstensif (*extensive recreation zone*), merupakan sebuah kawasan yang memungkinkan mengembangkan obyek wisata dengan tujuan tertentu dalam bentuk rekreasi pasif, seperti adventure, geowisata, ekowisata, forest camp dan tracking. Demikian pula, sarana dan prasarana yang dikembangkan pada kawasan sekitar Situ Bagendit harus bersifat semi permanen atau sesuai dengan kebutuhan

Tabel 9.6. Fakta-Fakta Hasil Penelitian Sebagai Sumber Belajar.

No	Fakta Lapangan	Menjelaskan
1	Suhu (25,18- 26,51 °C) (In-Situ) Kecerahan (18,71-23,31 cm) (In-Situ) Kedalaman (142 cm-174 cm) (In-Situ) pH (3,26-6,5) (In-Situ) DO (4,23-6,76 mg/l) (In-Situ) CO ₂ (4,84-10,12 ppm) (In-Situ) BOD (2,02-3,11ppm) (Ek-Situ)	- Faktor fisik kimia yang mempengaruhi kehidupan komunitas plankton pada perairan situ bagendit. - Metode pengukuran parameter dan analisis data kualitas perairan
2	jenis fitoplankton ditemukan sebanyak 5 kelas yaitu (Bacillariophyceae, Cyanophyceae, Chlorophyceae, Euglenophyceae, dan Xanthophyceae) dengan total 173 individu. Zooplankton ditemukan sebanyak 5 kelas yaitu (Rotifera, Protozoa, Cladocera, Copepoda dan Rotatoria) dengan total sebanyak 199 individu.	
3	Indeks keragaman jenis Plankton berkisar 1,22-2,49. Nilai Indeks dominansi plankton di situ bagendit berkisar 0,1-0,23. Pada Perairan situ bagendit ditemukan total kelimpahan fitoplankton berkisar 15,471-25,554 sel/l Sedangkan total kelimpahan zooplankton berkisar 20,864-33,273sel/l.	-Keanekaragaman plankton pada perairan air tawar
2	jenis fitoplankton ditemukan sebanyak 5 kelas yaitu (Bacillariophyceae, Cyanophyceae, Chlorophyceae, Euglenophyceae, dan Xanthophyceae) dengan total 173 individu. Zooplankton ditemukan sebanyak 5 kelas yaitu (Rotifera, Protozoa, Cladocera, Copepoda dan Rotatoria) dengan total sebanyak 199 individu.	
3	Indeks keragaman jenis Plankton berkisar 1,22-2,49. Nilai Indeks dominansi plankton di situ bagendit berkisar 0,1-0,23. Pada Perairan situ bagendit ditemukan total kelimpahan fitoplankton berkisar 15,471-25,554 sel/l Sedangkan total kelimpahan zooplankton berkisar 20,864-33,273sel/l.	-Keanekaragaman plankton pada perairan air tawar
4	Berdasarkan parameter komposisi jenis dan keanekaragaman jenis bagian inlet dan tengah ditemukan organisme <i>Oscillatoria sp</i> dan <i>Anabaena sp</i> yang merupakan jenis fitoplankton. Ditemukannya zooplankton jenis rotifera yaitu <i>Branchionus sp</i> pada bagian inlet dan tengah.	-Peranan plankton sebagai bioindikator kualitas perairan
5	Bagian Inlet dengan tingkat pencemaran sedang dan kualitas perairan buruk. Bagian tengah dengan tingkat pencemaran sedang dan kualitas perairan buruk. Bagian outlet dengan tingkat pencemaran ringan dengan kualitas perairan cukup baik. Struktur komunitas plankton meliputi komposisi jenis dan indeks keanekaragaman.	-Keterkaitan antara kualitas perairan air tawar dengan komunitas plankton.

konservasi. Kepentingan melestarikan Situ Bagendit, tidak hanya untuk keberlanjutan kegiatan wisata alam, juga memiliki manfaat lainnya yaitu sebagai tampungan air yang bermanfaat untuk pengairan, sumber air baku, pengendali banjir, dan sumber keanekaragaman hayati.

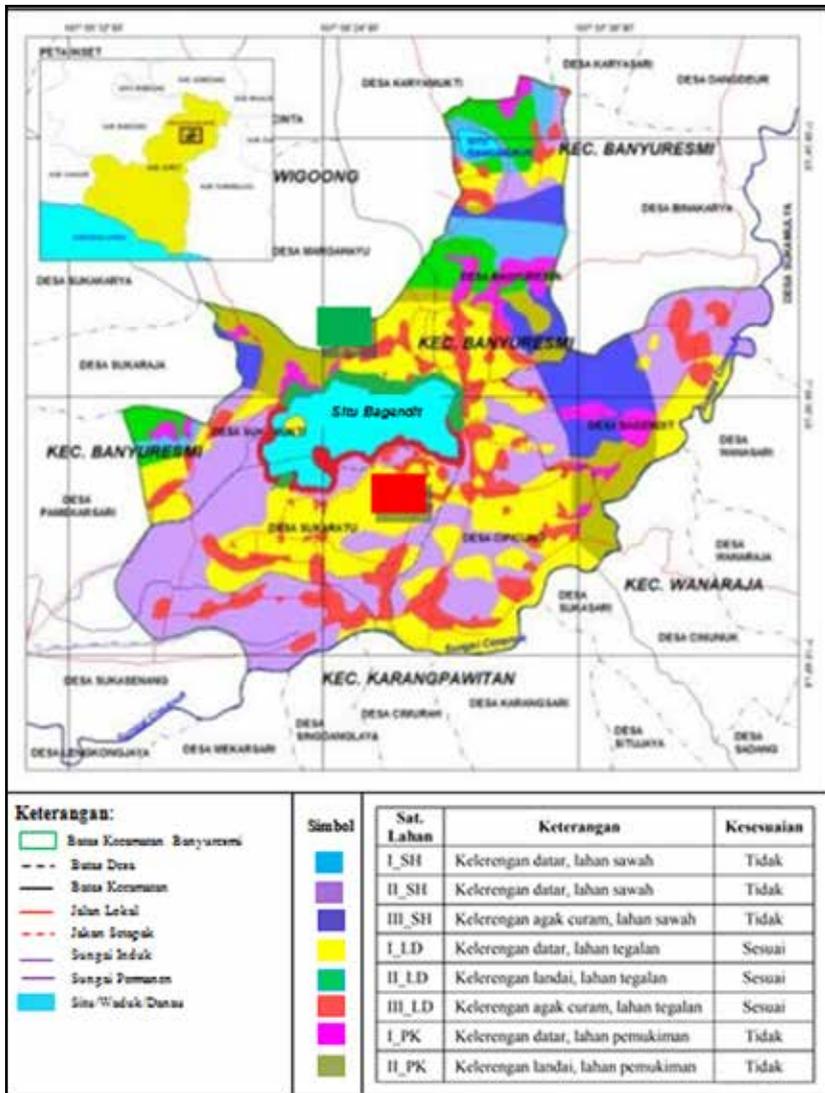
Kesesuaian Lahan untuk Rencana Tata Ruang

Ketika Faktor penting yang telah dijelaskan di atas dapat menjadi dasar dalam menyusun rencana detail tata ruang (RDTR) atau Masterplan dalam rangka revitalisasi Situ Bagendit. Pada intinya hasil sintesis dari ketiga faktor tersebut mengarahkan ruang perlindungan kawasan umumnya berada pada sempadan timur dan sempadan selatan. Pada lahan sempadan tersebut diarahkan sebagai ruang terbuka hijau (RTH) dengan vegetasi dan atau pepohonan dengan kerapatan sedang hingga kerapatan tinggi. Sedangkan ruang untuk kegiatan pariwisata menempati di sebagian wilayah sempadan timur, sempadan utara, hingga ke sempadan barat laut, serta area tergenang situ sebagai ruang aktivitas wisata tirta utama.

Dengan demikian, dari hasil analisis/sintesis kesesuaian lahan yang dapat dilihat pada Gambar 9.25 menunjukkan bahwa fungsi lindung kawasan Situ Bagendit tetap terakomodasi dan menjadi perhatian utama, sementara ruang kegiatan wisata pun dikembangkan dengan desain keseimbangan lingkungan dengan tetap memberikan kesempatan kepada penduduk sekitar berkegiatan ekonomi di dalam kawasan secara berkelanjutan. Untuk itu diperlukan langkah konsolidasi dan koordinasi secara berkala antara pemerintah dengan pihak swasta dan masyarakat di dalam kawasan terutama yang terlibat dalam kegiatan ekonomi. Tujuannya menjadikan kawasan Situ Bagendit yang kondusif dari segi fisik lingkungan dan sosial agar pembangunan berkelanjutan dapat terwujud.

Diharapkan melalui pendekatan konsep zona rekreasi ekstensif ini kondisi perairan, baik komponen abiotik maupun biotik dapat dipertahankan secara berkelanjutan, Jika mengacu kepada enam framework destinasi wisata menurut Page dan Connel (2006, hlm. 321), maka ruang-ruang pengembangan daya tarik wisata alam dan edukasi seperti ekowisata, geowisata, dan wisata alam lainnya menjadi tema utama.

Ke depan dengan terbangunnya ruang-ruang daya tarik wisata seperti untuk atraksi wisata, aktivitas wisata, amenitas wisata,



Gambar 9.25. Peta kesesuaian lahan untuk penataan ruang wisata kawasan Situ Bagendit di wilayah Cekungan Garut.

ancillary services, serta paket wisata edukasi berupa geowisata dan ekowisata dapat meningkatkan kunjungan wisatawan, baik domestik maupun mancanegara, sehingga harapan Presiden Joko Widodo (Jokowi) menjadikan kawasan wisata Situ Bagendit berkelas dunia dapat terwujud.

Kawasan Wisata Cipanas Tarogong

Ikon Wisata Garut

Kawasan wisata Cipanas telah ada sejak zaman Kolonial Belanda dan menjadi ikon dan gerbang utama wisata alam Kota Garut. Kini kawasan wisata ini menjadi salah satu prioritas pengembangan pariwisata Kabupaten Garut mengingat semakin meningkatnya arus wisatawan yang berkunjung. Kawasan wisata Cipanas masuk dalam tiga desa di kecamatan Tarogong. Ketiga desa itu adalah Rancabango, Langensari, dan Panajung. Bagian terluas dari kawasan wisata Cipanas berada di wilayah desa Rancabango. Karena itu tidak mengherankan jika kebanyakan orang mengatakan Cipanas merupakan bagian wilayah desa Rancabango. Sebenarnya lokasi dan keadaan alam wilayah Cipanas relatif sama dengan wilayah-wilayah lain terutama di sekitar kaki Gunung Guntur.

Kompleks Gunung Guntur bagian barat menyambung dengan pegunungan Kunci, kawah Kamojang, gunung Gandapura, Gunung Sangar, dan Gunung Rakutak sehingga dalam pengembangannya sebagai taman wisata alam dan cagar alam ditetapkan secara bersamaan berdasarkan Keputusan Menteri Kehutanan Nomor: 195/Kpts-II/2003 tanggal 4 Juli 2003. Taman wisata alam (TWA) memiliki luas 250 Ha dan cagar alam memiliki luas 8.036 Ha. Seluruhnya dikelola oleh BKSDA Jawa Barat dan Banten.

Pengembangan TWA Gunung Guntur dipengaruhi oleh faktor alam dan faktor estetika, berupa pemandangan alam pegunungan dan kekhasan ragam flora. Sedangkan, pada tataran konsep penataan ruang Kawasan Wisata Cipanas terintegrasi dengan Kawasan TWA Gunung Guntur dan Curug Citiis, hal ini dilakukan agar perkembangannya lebih cepat dan optimal. Selain

itu pengintegrasian ketiga kawasan ini disebabkan memiliki tema yang sama yaitu pengembangan pariwisata yang selaras dengan alam dan budaya. Oleh karena tema ini menitikberatkan pada pelestarian lingkungan alam dan budaya, maka sarana dan prasarana wisatanya pun disesuaikan dengan kebutuhannya. Dengan tema ini diharapkan dapat menggerakkan wisatawan berkelas dunia untuk berkunjung.

Hal lain yang perlu diperhatikan di sekitar Gunung Guntur adalah adanya kegiatan penambangan yang beririsan dengan kawasan wisata Cipanas. Kegiatan penambangan itu berupa sirtu (pasir dan batu), batuan beku (andesit-basaltis), tanah lempung (hasil pelapukan batuan vulkanik), pasir sungai serta obsidian. Bahan galian ini umumnya dimanfaatkan sebagai bahan bangunan untuk kepentingan pembuatan rumah, jalan, jembatan, dan bahan campuran untuk keperluan industri. Penambangan dilakukan oleh masyarakat setempat yang dikelola oleh perorangan maupun beberapa perusahaan swasta. Irisan kedua kegiatan ini perlu di atur dalam penataan ruang dalam bentuk peraturan zonasi yang dapat mengakomodasi semua kepentingan sehingga semua kegiatan dapat berlangsung secara harmonis dan berkelanjutan.

Pengelolaan Lingkungan Kawasan Pertambangan Tarogong

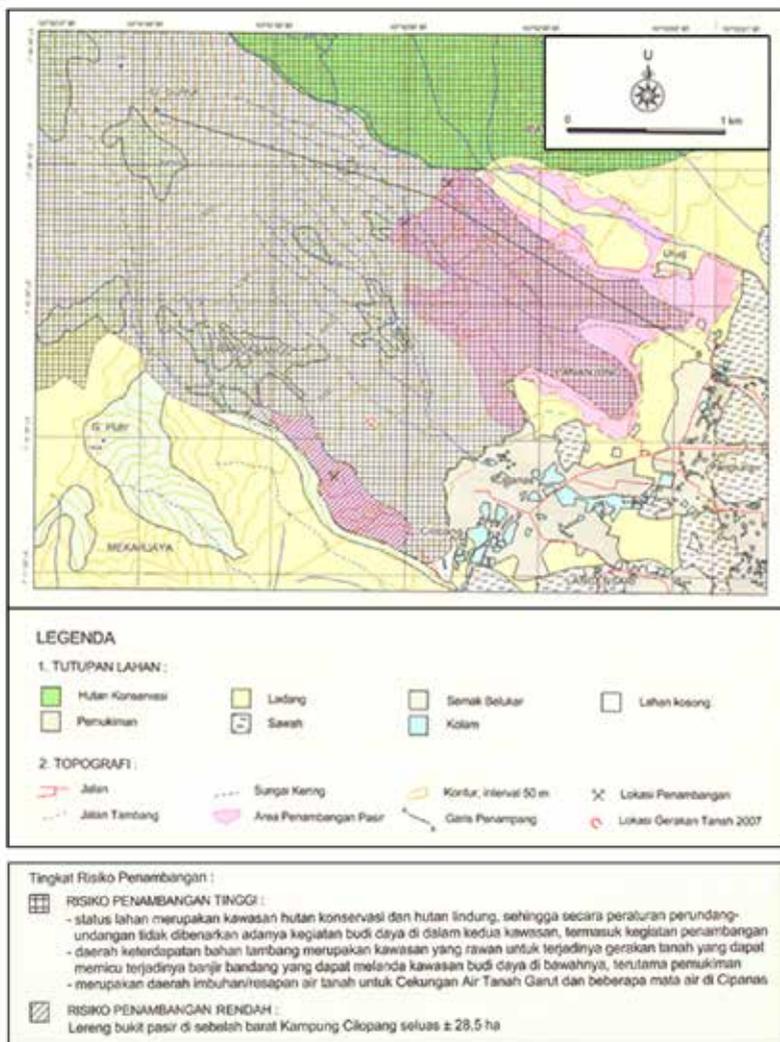
Penambangan sirtu yang berada di Kecamatan Tarogong Kaler memiliki kualitas pasir bercampur dengan abu gunung api dan kerikil hasil erupsi gunung api muda yang tersebar luas di lereng Gunung Guntur. Luasannya sekitar 950 hektar yang masuk ke dalam wilayah Desa Pananjung, Desa Rancabango, dan sebagian dari wilayah Desa Pesawahan. Kegiatan penambangan ini dilakukan apa adanya, sementara di wilayah bawahnya terdapat permukiman dan kegiatan wisata air panas yang telah berlangsung sejak zaman Belanda. Oleh karena itu, harmonisasi kegiatan yang mengarah pada konsep pembangunan berkelanjutan perlu didiskusikan oleh para pemangku kepentingan dengan berlandaskan pada hasil kajian ilmiah yang komprehensif. Salah satu rekomendasi yang dibutuhkan dalam menindaklanjuti harmonisasi kegiatan tersebut adalah

rekomendasi geologi lingkungan.

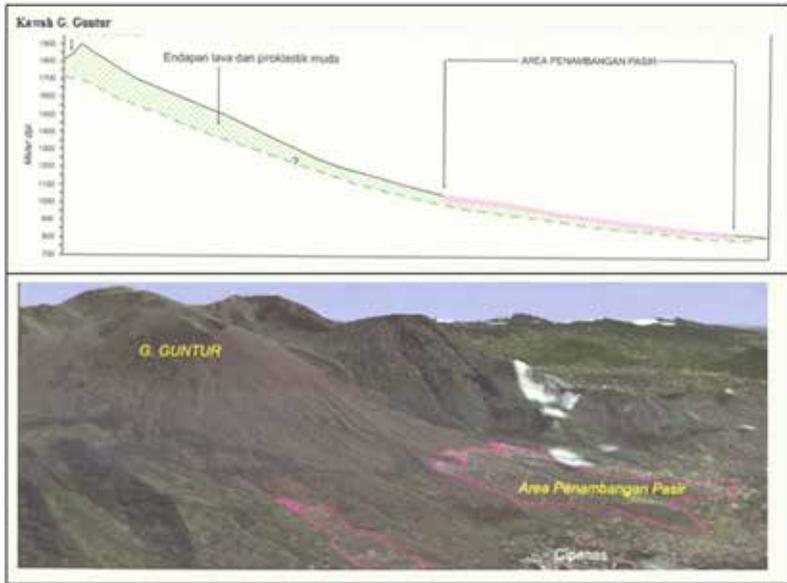
Kegiatan penambangan sirtu di lereng selatan Gunung Guntur berada di antara lembah-lembah endapan lava yang membentuk “lidah-lidah” bukit menjulur dari puncak gunung ke arah tenggara hingga ke kawasan wisata Cipanas dengan kemiringan lereng 150-300 pada elevasi 2050 mdpl. Secara geologi lingkungan merupakan daerah air tanah langka, karena sebagian besar air hujan meresap ke dalam tanah melalui rekahan batuan lava dan piroklastik yang kurang padu dan secara hidrogeologi mengalir ke daerah yang lebih rendah mengisi berbagai lapisan akuifer. Pada kaki bukit teridentifikasi adanya struktur geologi yang berkembang seperti adanya patahan-patahan (sesar) yang menjadi tempat keluarnya air tanah yang biasa disebut mata air dan sebagian keluar sebagai mata air panas karena air yang meresap ke dalam tanah dipengaruhi oleh sistem panas bumi Gunung Guntur. Selain itu, pada sebagian kaki bukit ini oleh PVMBG diprediksi sebagai daerah rawan gerakan tanah terutama pada lereng yang terjal dan curam.

Endapan sirtu di lereng Gunung Guntur ini telah ditambang secara besar-besaran oleh masyarakat sejak lebih dari 20 tahun silam, terutama di wilayah Desa pananjung, (lihat Gambar 9.8a). Penggunaan lahan berupa rerumputan/semak, bahkan sebagian besar berupa lahan kosong karena sifatnya tandus. Status lahan dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Garut merupakan Kawasan Hutan Konservasi dan Hutan Lindung, kecuali sedikit di bagian sebelah barat Kampung Cilopang dan sekitar Kampung Urug.

Badan Geologi pada 2012 telah menentukan peringkat risiko penambangan yang didasarkan pada beberapa aspek geologi lingkungan meliputi: kondisi topografi, tanah penutup, sifat fisik batuan bahan tambang, hidrogeologi, dan kebencanaan geologi. Sedangkan aspek non geologi disesuaikan dengan peraturan perundangan yang berlaku. Adapun peringkat risiko penambangan di wilayah Kaki Gunung Guntur ini meliputi risiko penambangan tinggi dan risiko penambangan rendah.



Gambar 9.26a. Peta Sebaran dan Tingkat Risiko Penambangan Pasir dan Batu Gunung Guntur, Kabupaten Garut.



Gambar 9.26b. Peta Penampang Sebaran Pasir dan Batu Gunung Guntur, Kabupaten Garut.

Peringkat risiko penambangan tinggi pada bahan galian ini disebabkan beberapa hal, sebagai berikut, (Gambar 9.26):

- a. Status lahan merupakan kawasan hutan konservasi dan Hutan Lindung, sehingga secara peraturan perundangan tidak dibenarkan adanya kegiatan budi daya di dalam kawasan, termasuk kegiatan penambangan;
- b. Merupakan daerah imbuhan/resapan air tanah untuk cekungan air tanah (CAT) Garut dan beberapa mata air di kawasan wisata Cipanas.
- c. Daerah keterdapat bahan tambang merupakan kawasan yang rawan untuk terjadinya gerakan tanah yang dapat memicu terjadinya banjir bandang yang dapat melanda kawasan budidaya di bawahnya, terutama pemukiman;

Sedangkan yang termasuk risiko penambangan rendah berada di lereng bukit pasir di sebelah barat Cilopang seluas $\pm 28,5$ hektar. Namun demikian, kegiatan penambangan harus tetap memenuhi kaidah-kaidah penambangan yang benar karena berada di antara zona risiko tinggi untuk terjadinya gerakan tanah. Bila hal ini tidak diperhatikan, kerusakan lingkungan yang terjadi dapat memicu terjadinya banjir bandang yang berpotensi melanda kawasan budidaya di bawahnya, terutama pemukiman dan kawasan wisata Cipanas. Oleh karena itu penambangan tidak membentuk lereng yang terjal dan curam serta tidak menumpuk tanah penutup maupun material pasir sembarangan dan pada area yang telah selesai di tambang segera diratakan dan direklamasi sesuai kondisi lingkungan binaan.

Selain, dampak penambangan yang mengancam keberlangsungan kegiatan wisata alam mata air panas, juga mengintai bahaya geologi berupa erupsi Gunung Guntur yang mungkin terjadi di setiap waktu. Demikian pula, di sekitar Gunung Guntur terdapat beberapa jalur sesar yang di duga aktif yang dapat meningkatkan frekuensi getaran lebih besar apabila terjadi gempa bumi dan memicu terjadinya gerakan tanah (longsor). Oleh karena itu, rekomendasi geologi lingkungan yang disusun dan telah dijelaskan sebelumnya, bertujuan untuk dapat meminimalisir risiko bencana agar dapat memberikan rasa aman dan nyaman bagi masyarakat dan wisatawan.

Kawasan Gunung Papandayan

Jika kita telisik, Gunung Papandayan ini memiliki potensi besar dalam sektor pariwisata, kehutanan, perkebunan, dan pertanian karena keindahan alam dan kesuburan tanahnya. Namun perlu kita ingat, gunung ini tergolong sebagai gunung api aktif sehingga perlu dibuat manajemen bencana, mulai dari langkah preventif, saat tanggap bencana, dan pascabencana. Bencana alam seperti gunung meletus tidak dapat kita cegah dan kendalikan, tetapi dengan adanya manajemen bencana dapat meminimalisir dampak yang ditimbulkan.

Sebelum bencana terjadi, pihak berwenang seperti pemerintah dapat melakukan sosialisasi dan penyuluhan kepada masyarakat sekitar daerah rawan bencana. Penyuluhan yang dimaksudkan berkaitan dengan edukasi mengenai apa yang harus dilakukan penduduk sekitar. Jika situasi berpotensi terjadi bencana, pemerintah harus segera mengeluarkan peringatan dini dan melakukan antisipasi penanggulangan bencana, sehingga perlu manajemen dan teknologi yang mumpuni agar peringatan dini dikeluarkan dengan cepat dan tepat. Pada saat tanggap darurat, hal yang perlu dilakukan adalah analisis secara cepat dan tanggap terhadap lokasi bencana, penyelamatan dan evakuasi masyarakat terimbas, pemenuhan kebutuhan dasar, perlindungan terhadap kelompok rentan dan sebagainya. Pada pasca bencana, hal yang perlu dilakukan adalah rehabilitasi dan rekonstruksi. Kegiatan rehabilitasi tersebut di antaranya perbaikan lingkungan daerah bencana, pelayanan kesehatan dan psikologis serta pemulihan dalam sektor ekonomi, dan sosial. Lalu rekonstruksi dilakukan dengan pembangunan kembali sarana dan prasarana dan peningkatan kondisi ekonomi, sosial, serta budaya.

Keberhasilan manajemen bencana yang baik, tidak hanya bermanfaat bagi warga sekitar Gunung Papandayan, juga bermanfaat bagi seluruh penduduk di sekitar gunung api aktif di Indonesia. Korban jiwa maupun kerusakan infrastruktur dapat berkurang. berkurang apabila ada upaya bersama yang melibatkan masyarakat dan pemerintah secara harmonis dan berkelanjutan.

Risiko Bencana Gunung Papandayan

Analisis risiko merupakan sebuah tahap penting di dalam manajemen bencana. Analisis ini memuat informasi yang berguna bagi pengambil keputusan dan komunitas pada masa sebelum bencana, saat bencana, dan setelah bencana terjadi. Saut Aritua Hasiholan Sagala, SAH., dr., (2012) melakukan analisis risiko pada Gunung Papandayan (2.665 m), khususnya pada wilayah Kecamatan Cisurupan yang terletak ± 20 km sebelah barat daya Ibukota Kabupaten Garut. Terpilihnya Kecamatan Cisurupan karena

karena wilayah ini berada pada arah bukaan kawah Papandayan yang berada di timur laut dan berada di sepanjang beberapa aliran sungai yang berhulu di kawah tersebut seperti Sungai Ciparugpug dan Cibeureum Gede dengan Sungai Cimanuk sebagai hilirnya. Keberadaan sungai-sungai tersebut berpotensi sebagai tempat aliran lahar dingin.

Secara geografis maupun historis Kecamatan Cisarupan memiliki potensi besar bahaya erupsi Gunung Papandayan. Beberapa erupsi Gunung Papandayan yang pernah terjadi pun hampir sebagian besar berdampak pada wilayah Kecamatan Cisarupan. Erupsi tahun 1772 menelan 2.951 korban jiwa dan mengakibatkan sekitar 10 desa beserta 40 dusun di wilayah studi ketika itu terkena dampaknya (PVMBG, 1998). Erupsi pada tahun 2002 menyebabkan sekitar 3.349 penduduk dari 5 desa mengungsi, serta mengakibatkan kerusakan berbagai infrastruktur seperti rumah, jembatan, masjid, pondok pesantren, dan beberapa jenis lahan persawahan maupun perkebunan di wilayah studi (PKPU, 2002).

Sejak letusan tahun 2002, Gunung Papandayan memiliki pergerakan status yang fluktuatif. Dalam kurun waktu 1 sampai 2 tahun, selalu terjadi peningkatan dan penurunan 1 level, dari status normal menjadi waspada maupun sebaliknya. Status waspada pernah ditetapkan dalam kurun waktu 3 tahun pada periode April 2008 sampai pertengahan Agustus 2011. Sejak 13 Agustus 2011 sampai Januari 2012 status Gunung Papandayan ditingkatkan menjadi siaga. Selain itu, kekhawatiran pun muncul dari sisi perekonomian, karena struktur perekonomian yang didominasi oleh sektor pertanian (Cisarupan dalam Angka 2010), memunculkan kekhawatiran bahwa potensi besar bencana Gunung Papandayan ke depan dan dalam jangka waktu yang panjang akan dapat mempengaruhi stabilitas baik terhadap perekonomian lokal maupun basis pertanian Kabupaten Garut itu sendiri.

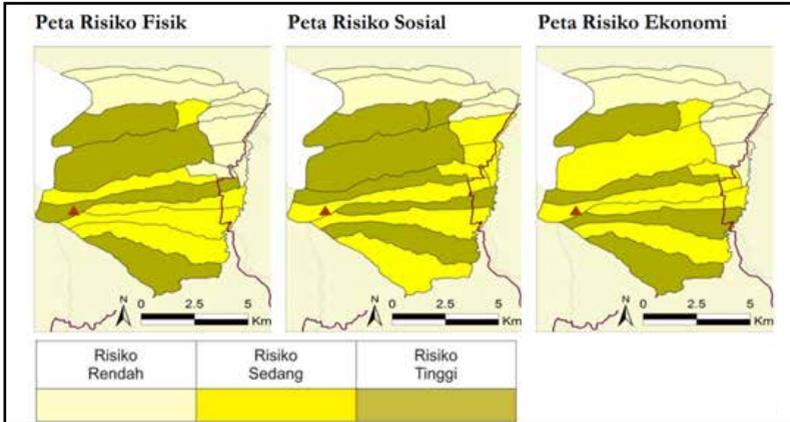
Secara geografis wilayah Cisarupan memiliki luas wilayah sekitar 4.521,04 Ha, berbatasan dengan Kecamatan Sukaresmi di sebelah utara, sebelah timur berbatasan dengan Kecamatan Bayongobong dan Cigedug, sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan

Cikajang, dan sebelah barat dengan Kabupaten Bandung. Secara administratif Kecamatan Cisurupan terdiri dari 16 desa di dalamnya.

Dengan demikian, unit analisis risiko ini mengikuti batas administrasi desa agar hasil penelitian dapat dimanfaatkan sampai pada level desa. Analisis dimulai dengan mengetahui potensi ancaman faktor bahaya (H), yaitu dengan melakukan analisis terhadap peta Kawasan Rawan Bencana (KRB) yang resmi diproduksi PVMBG, Badan Geologi. Berdasarkan peta KRB Gunung Papandayan, desa dengan nilai faktor bahaya terbesar adalah desa-desa yang secara geografis terletak di bagian timur laut Kecamatan Cisurupan, yaitu di arah bukaan kawah dan memiliki jarak lebih dekat dengan kawah tersebut.

Analisis berikutnya adalah berkaitan dengan faktor kerentanan (V) yang bertujuan untuk mengidentifikasi perbedaan tingkat kerentanan secara keseluruhan untuk setiap indikator kerentanan fisik, sosial, maupun ekonomi. Beberapa contoh, misalnya untuk indikator fisik pesawahan lebih tinggi tingkat kerentanannya di bagian utara wilayah studi; indikator fisik perkebunan lebih tinggi tingkat kerentanannya di bagian selatan; indikator sosial kepadatan penduduk serta indikator ekonomi biaya bangun yang lebih tinggi tingkat kerentanannya di wilayah pusat kegiatan desa atau kecamatan. Analisis kerentanan dilakukan pada 3 sub-analisis, yaitu kerentanan fisik (7 indikator), kerentanan sosial (7 indikator), dan kerentanan ekonomi. Analisis bahaya dan kerentanan ditumpangsusunkan untuk menghasilkan peringkat risiko yang kemudian ditampilkan dalam bentuk peta risiko, (Gambar 9.27).

Hasil penelitian Sagala, SAH., dr., (2012), menunjukkan bahwa desa-desa yang berlokasi dekat dengan arah kawah memiliki nilai risiko yang relatif lebih besar dibanding desa lain seperti Desa Sirnajaya dan berada pada zona risiko fisik dan sosial yang tertinggi. Akan tetapi, dari sisi risiko ekonomi dapat diidentifikasi bahwa Desa Cipaganti, Karamatwangi, Sukawargi, dan Cidatar berada pada zona risiko ekonomi tingkat tinggi bencana Gunung Papandayan.



Gambar 9.27. Peta Risiko Bencana Gunung Papandayan di Kecamatan Cisurupan. (Sumber: Saut Aritua Hasiholan Sagala, 2012).

Dengan mengetahui lokasi daerah-daerah yang berbahaya, serta risiko yang tinggi untuk risiko fisik, sosial dan ekonomi, pemerintah dapat mengetahui tingkat bahaya dan kemungkinan lokasi yang berbahaya. Hasil dari analisis risiko ini dapat diintegrasikan sebagai sebuah referensi atau arahan dalam membuat perencanaan tata ruang berbasis mitigasi bencana dengan cara ‘overlay’ antara peta risiko dengan rencana tata ruang yang ada. Selain itu, peta risiko ini dapat langsung di pakai dalam melakukan pengelolaan lingkungan untuk mengantisipasi kemungkinan bencana erupsi Gunung Papandayan yang bisa terjadi di setiap ruang dan waktu.

Pengelolaan Lingkungan

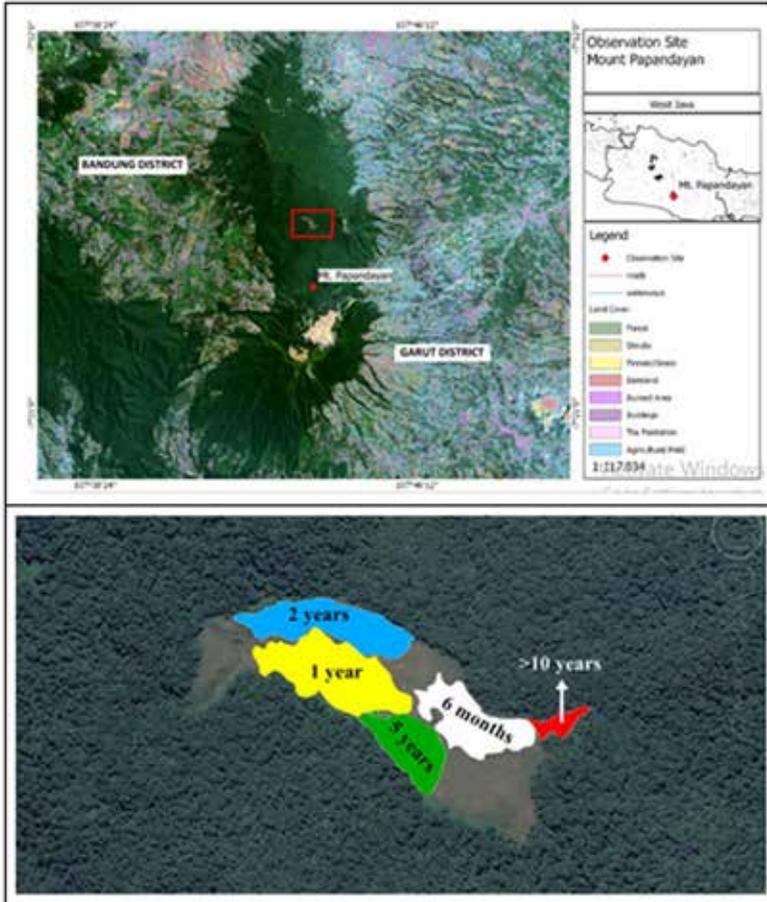
Hutan pegunungan di Gunung Papandayan memainkan peran penting sebagai perlindungan keanekaragaman hayati mengingat sebagian besar hutan pegunungan di Jawa tidak baik dikelola dan sering mengalami kekurangan informasi ilmiah yang diperlukan untuk pembangunan manajemen yang efektif. Sementara, keanekaragaman hayati di TWA Gunung Papandayan menurut Endah Sulistyawati, dr., (2006) menunjukkan memiliki

keanekaragaman tumbuhan yang cukup tinggi dan vegetasinya menunjukkan ciri komposisi yang berbeda. Keanekaragaman tumbuhan serta keanekaragaman burung di hutan campuran lebih tinggi dibandingkan dengan jenis vegetasi lainnya. Selain itu, Gunung Papandayan merupakan kawasan penting untuk konservasi burung, dilihat dari keberadaan beberapa spesies yang dilindungi. Namun, perbandingan dengan data historis menunjukkan bahwa telah terjadi pengurangan spesies burung yang signifikan, mungkin terkait dengan konversi hutan menjadi lahan pertanian di beberapa bagian Gunung Papandayan. Selain ancaman bahaya terjadi pada habitat burung, juga terjadi pada padang rumput (sabana) Tegal Panjang, (Gambar 9.28 atas).

Hasil penelitian Endah Sulistyawati, drr., (2017), menunjukkan suksesi pasca kebakaran di padang rumput Tegal Panjang, Gunung Papandayan, Jawa Barat, mendapat ancaman nyata yang terindikasi dari pola perkembangan vegetasi dalam rangkaian suksesi di padang rumput. Hal ini ditandai dengan meningkatnya biomassa dan tinggi vegetasi seiring dengan umur tegakan, namun dengan laju diversifikasi spesies yang lambat.

Tidak ada anakan pohon yang ditemukan di semua lokasi meskipun jaraknya dekat dengan hutan dapat disebabkan adanya keterbatasan perekrutan anakan pohon akibat gangguan kebakaran berulang sehingga dapat ditafsirkan sebagai pendorong utama pembentukan padang rumput Tegal Panjang sejak lebih dari 100 tahun yang lalu (van Steenis 1972) dan kebakaran berulang masih terjadi hingga saat ini.

Menurut hasil studi Endah Sulistyawati, drr., (2017), Kebakaran di Padang Panjang yang masih sering terjadi menjadi ancaman utama terhadap keanekaragaman hayati Gunung Papandayan dan keutuhan ekosistem secara keseluruhan yang disebabkan oleh jebakan kemiskinan yang memicu banyak kegiatan destruktif di daerah ini. Jika tidak diambil tindakan yang diperlukan dapat menyebabkan degradasi lingkungan pada ekosistem Gunung Papandayan akan terus berlangsung. Ungkapan sebagian masyarakat dari desa sekitar tentang ketersediaan air yang semakin menipis



Gambar 9.28. Lokasi Tegal Panjang di Gunung Papandayan, Jawa Barat, Indonesia (atas) dan lokasi pengambilan sampel pengamatan (6 bulan, 1 tahun, 2 tahun, 5 tahun dan > 10 tahun) (bawah) (Google Earth 2011).

dapat menggambarkan dampak negatif yang mulai dirasakan. Selain menyebabkan kerusakan lingkungan, kegiatan perusakan tersebut pada akhirnya akan berdampak pada kehidupan masyarakat yang tinggal di sekitarnya dalam berbagai aspek termasuk sosial, ekonomi dan politik.

Di lain pihak, padang rumput dikenal sebagai daerah yang mudah terbakar dan terdegradasi oleh spesies invasif. Kebakaran yang sering terjadi membatasi kelimpahan pohon dan semak dan meningkatkan produktivitas herba (Veldman et al. 2015). Ketiadaan pohon tampaknya mempengaruhi masukan bahan organik dari serasah dan nekromassa mengakibatkan kandungan organik tanah lebih rendah daripada di hutan terdekat. Kondisi tajuk yang terbuka dapat meningkatkan risiko erosi tanah dan menurunkan kandungan organik tanah padang rumput. Ada kondisi lingkungan yang tidak merata di padang rumput Tegal Panjang sehubungan dengan kelembaban tanah. Situs tertua (> 10 tahun situs) memiliki kadar air tanah tertinggi, (Gambar 9.28 bawah).

Meskipun studi Endah Sulistyawati, dr., (2017) ini tidak dapat secara tepat menggambarkan frekuensi kebakaran di berbagai bagian padang rumput Tegal Panjang, namun kondisi basah pada tapak >10 tahun diharapkan dapat menciptakan kondisi yang mencegah kebakaran sehingga memungkinkan terjadinya suksesi di suatu tempat. Kini, keanekaragaman hayati di Sabana Tegal Panjang, memiliki 17 spesies tumbuhan yang berada di lokasi suksesi awal (6 bulan), situs tertua hanya memiliki 21 spesies (lokasi >10 tahun). Semua spesies adalah tumbuhan perdu dan perdu tanpa anakan pohon.

Menurut Garriety, dr., (1997), rendahnya indeks keanekaragaman (≥ 1.1) pada lokasi muda disebabkan oleh dominasi kuat alang-alang (*Imperata cylindrica*) sejak awal suksesi. *Imperata cylindrica* dianggap sebagai gulma terburuk di Asia bagian selatan. Hal ini sebagaimana yang dikemukakan oleh Santoso, dr., (1997), bahwa alang-alang (*Imperata cylindrica*) memiliki kemampuan untuk beradaptasi dengan berbagai kondisi ekologi seperti berbagai nutrisi, kelembaban, dan tingkat pH tanah (Santoso, dr., 1997). *Imperata cylindrica* berkembang biak dengan dua cara, secara seksual dari biji dan secara vegetatif dengan rimpang. Spesies ini umumnya berbunga setelah terpapar stres seperti terbakar dan kekeringan karena sifat invasif *Imperata cylindrica* juga disebabkan oleh rimpangnya yang dapat tumbuh hingga kedalaman >20 cm,

tahan api dan memiliki kemampuan regeneratif yang tinggi serta mampu bersaing dengan tanaman lain dengan menyebarkan proteksi mekanis alelopatinya melalui sistem alang-alang (Ivens 1980; Ohta 1990; Smith, drr., 2006).

Dengan karakteristik seperti itu, alang-alang tanah (*Imperata cylindrica*) dapat dengan cepat tumbuh setelah kebakaran dan menekan perkembangan spesies lain di Tegal Panjang. Padahal padang rumput yang dikelilingi oleh hutan yang berpotensi sebagai sumber benih untuk menginvasi lokasi pasca gangguan sangat memungkinkan. Dari hasil inventarisasi yang dilakukan oleh Sulistyawati, drr., (2005), komposisi pohon di hutan sekitar padang rumput Tegal Panjang berupa *Distylium stellare*, *Cyathea latebrosa*, *Engelhardia spicata* dan *Macropanax dispermus*. Anehnya, tidak ada bibit pohon dan anakan termasuk spesies yang ditemukan di lokasi padang rumput. Temuan ini berbeda dengan studi suksesi yang dilakukan di bagian lain Gunung Papandayaan yang dilakukan oleh Utami (2010) dan Wetadewi (2015) (data tidak dipublikasikan) mempelajari suksesi pada lahan terlantar di dekat tepi hutan dan menemukan beberapa jenis anakan pohon di area yang berjarak 200 m dari tepi hutan. Hal ini disebabkan lahan terlantar yang diteliti oleh Utami (2010) dan Wetadewi (2015) tidak mengalami gangguan kebakaran berulang karena letaknya yang dekat dengan hutan, sehingga anakan pohon yang ditemukan di lokasi Utami dan Wetadewi bisa jadi berasal dari pohon di hutan terdekat (hujan benih).

Pada akhir penelitiannya Endah Sulistyawati, drr., (2017) menyimpulkan bahwa tidak adanya anakan pohon yang ditemukan bahkan di lokasi yang telah mengalami suksesi selama lebih dari dua tahun dapat mewakili kondisi suksesi yang terhenti. Keterbatasan penyebaran dan keterbatasan perekrutan benih dikenal sebagai faktor yang dapat menyebabkan daerah pasca gangguan tertahan. Keterbatasan penyebaran menyebabkan kekurangan bank benih (Boyes 2011). Meskipun benih ada di hutan sekitar, kebakaran yang sering terjadi dapat menyebabkan kondisi tanah tidak cocok untuk benih berkecambah dan menciptakan kepadatan benih yang rendah

di daerah ini (Gunaratne et al. 2014). Meskipun, tidak ada informasi tentang tingkat penyebaran benih dari hutan sekitarnya, keterbatasan perekrutan yang terkait dengan gangguan kebakaran berulang dapat menjelaskan tidak adanya anakan pohon di padang rumput Tegal Panjang. Sukses yang terhenti akibat kebakaran yang sering terjadi di Tegal Panjang menjadikan daerah penelitian tergolong sebagai padang rumput klimaks kebakaran. Padang rumput klimaks api dihuni oleh komunitas klimaks api yang dipelihara oleh kebakaran berkala (Park 2007).

EPILOG

Di balik Cekungan Garut yang unik dan indah mengintai potensi bahaya geologi. Di balik itu pula, berperan sebagai penyangga wilayah Jawa Barat bagian utara khususnya wilayah yang termasuk DAS Cimanuk dan *hitterland* Kota Bandung sebagai ibukota provinsi Jawa Barat. Oleh karena itu pengendalian ruang untuk menjaga keseimbangan lingkungan menjadi penting bagi Kabupaten Garut. Dalam hal ini, Pemda Jabar melalui Perda No. 22 Tahun 2010 tentang RTRW Provinsi Jawa Barat Tahun 2009-2029, merencanakan kawasan lindung di Kabupaten Garut sebesar 81,39% dari luas wilayahnya. Dengan kondisi seperti itu, tentunya pengembangan wilayah Cekungan Garut harus bertumpu pada pengembangan pariwisata berkelanjutan seperti geowisata, ekowisata, dan wisata alam lainnya atau secara holistik melalui manajemen geopark (taman bumi), yaitu pengembangan yang memaduserasikan program konservasi, edukasi, dan pemberdayaan masyarakat. Dari keanekaragaman bumi dan budaya yang dimiliki wilayah Cekungan Garut, pengembangan geopark merupakan sesuatu yang realistis untuk ditindaklanjuti.

pemanfaatan sumber daya alam yang berwawasan lingkungan seperti pemanfaatan energi panas bumi untuk pembangkit tenaga listrik dan pengembangan pariwisata berkelanjutan. Kedua kegiatan pembangunan itu telah berlangsung namun belum maksimal sehingga pengembangan geopark (taman bumi) yang memiliki misi konservasi, edukasi, dan pemberdayaan masyarakat menjadi penting untuk mewujudkan peranan Kabupaten Garut sebagai penyangga wilayah Jawa Barat bagian utara khususnya wilayah yang termasuk DAS Cimanuk dan hiltop Kota Bandung sebagai ibukota provinsi Jawa Barat.

Bagaikan gayung bersambut, kegiatan wisata alam pada saat dan pasca Covid-19 menjadi tren di dunia, karena saat ini banyak masyarakat domestik maupun mancanegara membutuhkan hiburan untuk memuaskan atau membahagiakan diri (*pleasure*) dan menghabiskan waktu luang (*leisure*). Memang, peranan pariwisata berkelanjutan dalam kondisi saat ini di berbagai negara tidak diragukan lagi karena telah menunjukkan keberhasilan pembangunan ekonomi masyarakat lokal melalui pengembangan desa wisata dan mampu mendorong keberhasilan sektor-sektor lainnya seperti sektor industri UMKM. Keadaan ini menjadi harapan besar bagi Kabupaten Garut yang 81,39% dari luas wilayahnya sebagai kawasan lindung (Alin Fitriyani, drr., 2015). Harapan itu dapat diwujudkan dalam program unggulan pengembangan pariwisata berkelanjutan.

Dengan demikian, pengembangan sektor pariwisata di wilayah Cekungan Garut perlu betul-betul direncanakan sebaik mungkin agar keteraturan tercipta dengan baik dan memberi kemanan dan kenyamanan pada masyarakat setempat sebagai pelaku utama bisnis pariwisata dan wisatawan. Harapannya, kedatangan wisatawan itu dapat menyebarkan uang secara langsung pada masyarakat dan membawa berita baik ketika pulang sebagai promosi gratis.

Memang untuk mencapai keberhasilan pengembangan pariwisata berkelanjutan tidak mudah seperti membalikkan telapak tangan karena sifatnya kompleks, mencakup hampir seluruh aspek kehidupan manusia. Oleh karena itu, pembangunan pariwisata

harus ditinjau dari berbagai aspek kehidupan. Pada hakekatnya, pembangunan pariwisata yang sesuai dengan keadaan alam Cekungan Garut adalah pengembangan pariwisata berkelanjutan yang tidak hanya berencana tentang bagaimana memanfaatkan keadaan alam yang indah seperti keragaman geologi dan keanekaragaman hayati, tetapi berencana menjaga kondisi alam termasuk semua aspek lingkungan yang berhubungan dengan kebutuhan manusia yang hakiki seperti sumber daya oksigen, sumber daya air, sumber daya lahan, dan sumber daya lainnya yang perlu dilestarikan agar pembangunan berkelanjutan dapat terwujud.

Dalam memaksimalkan pengembangan pariwisata berkelanjutan di Cekungan Garut, dapat dimulai dengan menelusuri jejak-jejak masa keemasan pariwisata wilayah Garut dan sekitarnya. Jejak-jejak Pariwisata itu dapat ditelusuri kembali ke dasawarsa 1910-an, yang ditandai dengan dibentuknya VTV (*Vereeniging Toeristen Verkeer*), sebuah badan pariwisata Belanda, di Batavia. Badan pemerintah ini sekaligus juga bertindak sebagai *tour operator* dan *travel agent*, yang secara gencar mempromosikan Indonesia. Hal ini mendapatkan respon yang sangat baik, dengan meningkatnya minat masyarakat Belanda dan Eropa untuk berkunjung ke Indonesia termasuk ke wilayah Garut sehingga di kenal dengan julukan “Mooi Garoet” dan “Swiss From Java”. Keunikan alam Cekungan Garut yang mendunia di masa Kolonial Belanda itu tidak terlepas dari sejarah geologi yang membentuknya.

Tentunya mampu mengembalikan era kejayaan pada masa “Mooi Garoet” dan meningkatkan pariwisata pada pasca pandemi Covid-19, bagi Garut tidak sekedar mengandalkan keindahan dan keunikan alam yang dimilikinya, tetapi harus memiliki kemampuan adaptasi, inovasi, dan kolaborasi yang baik. Para pelaku industri pariwisata harus mulai memberikan layanan paket wisata eksklusif atau *mini group*, agar wisatawan merasa lebih aman dan nyaman saat berlibur. Juga memperoleh manfaat berupa pengalaman berharga dan berkualitas terkait nilai edukasi destinasi alam yang dikunjunginya. Potensi itu ada dalam kegiatan wisata alam seperti geowisata, ekowisata, agrowisata, dan wisata alam lainnya yang

bersifat aktraksi terbatas. Tren wisata alam ini harus ditangkap sebagai peluang oleh para operator geowisata dengan menyiapkan berbagai sarana dan prasarana seperti jalur dengan tema geowisata yang menarik.

Informasi geologi lingkungan Cekungan Garut yang diuraikan dalam buku ini, diharapkan dapat memberi gambaran umum terkait keamanan dalam mengembangkan sarana prasarana seperti bangunan dalam kawasan dan kenyamanan berwisata pada jalur-jalur wisata alam. Sementara bagi pemerintah daerah, informasi geologi lingkungan dalam buku ini dapat menjadi informasi dalam menyusun rencana tata ruang dan pengelolaan lingkungan.

Buku ini pun memberi gambaran tentang keragaman, keunikan, dan keindahan fenomena geologi, sehingga para operator geowisata di Kabupaten Garut tinggal mengemasnya menjadi tema-tema geowisata yang menarik, di antaranya tema keragaman gunung api aktif dengan berbagai kawahnya yang unik, gunung api purba, lembah-lembah, sungai, dan danau. Tema-tema Geowisata itu akan lebih menarik ketika memiliki keselarasan dengan tema-tema keanekaragaman hayati dan budaya yang tumbuh disekitarnya sehingga wisatawan memahami dan takjub pada proses alam yang berlangsung di Bumi Garut. Harapannya wisatawan-wisatawan yang pernah berkunjung dan merasa puas, secara tidak langsung menjadi duta marketing geowisata dengan menceritakannya pada saudara dan teman-temannya, bahkan menjadi duta lingkungan setelah memahami pentingnya pelestarian dan konservasi keunikan fenomena geologi, mengingat besar fungsi dan manfaatnya bagi kehidupan.

Tema geowisata yang tersedia akan lebih membumi bila memiliki para interpretator atau pemandu geowisata yang berkualitas. Tanpa keberadaan mereka, *trecking* atau pendakian gunung yang dilakukan wisatawan tentu akan terasa biasa saja, keberadaan mereka akan bernilai lebih ketika menjelaskan kejadian fenomena geologi dan hubungannya dengan fenomena alam lainnya dan budaya yang ada di sekitarnya. Tentunya dengan interpretasi ilmiah populer yang mudah dipahami wisatawan. Dengan demikian, kehadiran

intepretator geowisata memiliki peran yang sangat vital bagi kepuasan dan pengalaman berkunjung wisatawan, selain menjaga keselamatan wisatawan dari faktor bahaya alam maupun kecelakaan faktor manusia, juga memiliki kewajiban dalam menumbuhkan kesadaran wisatawan dalam menjaga keberlanjutan lingkungan alam, baik biotik maupun abiotik.

Tidak kalah pentingnya, peluang tren wisata alam pun dapat dimanfaatkan oleh para pelaku usaha restoran untuk bertahan dengan mendukung kegiatan wisata alam. Karena saat ini sekitar 70% orang menggunakan layanan *food online* (*delivery, take away, dan catering*) di masa pandemi COVID-19, maka sudah seharusnya pihak restoran memberikan layanan *food online* dengan menerapkan *contactless service*. Mungkin salah satu inovasinya adalah mengembangkan konsep *outdoor dining*, karena konsep ini akan menjadi sangat populer setelah pandemi usai. Hal ini disebabkan masyarakat atau wisatawan akan tetap patuh terhadap protokol kesehatan, dan menjaga jarak dengan lainnya untuk meminimalkan kontaminasi virus.

Itulah beberapa saran berupa strategi dalam meningkatkan tren sektor pariwisata di tengah pandemi bahkan hingga pandemi usai (pasca pandemi Covid-19). Dengan strategi di atas, diharapkan dapat kembali membangkitkan pembangunan Kabupaten Garut yang terpuruk selama pandemi Covid-19 melanda. Kata kuncinya adalah sesegera mungkin memanfaatkan sumber daya yang ada dan inovasi teknologi yang berperan penting dalam mendukung tren pariwisata yang bergeser pada pasca COVID-19.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrachman M, Masatsugu Y, 2011. *Geochemistry of Papandayan and Cikuray volcanoes: mapping the extent Gondwana continental fragment beneath Java, Indonesia*. American Geophysical Union, Fall Meeting 2011, abstract V43C-2599.
- Abdurrachman M, Yamamota M, 2012. *Geochemical variation of Quaternary volcanic rocks in Papandayan area, West Java, Indonesia: A role of crustal component*. Regional Congress on Geology, Minerals and Energy Resources of Southeast Asia (GEO-SEA), 2012.
- Abdurrachman M, Yamamoto M, Suparka E, Sucipta G B E, Kurniawan I A, Hasibuan R F, 2015. *Across arc variation of strontium isotope and K₂O composition in the Quaternary volcanic rocks from West Java: Evidence for crustal assimilation and the involvement of subducted components*. Proceedings, Joint Convention Balikpapan, 5-8 October .
- Allis R, Moore J N, McCulloch J, Petty S and Derocher T., 2000. *Karahah-Telaga Bodas, Indonesia: A partially vapor-dominated geothermal system* Geothermal Resources Council 24 Anonim, 1934, Archives of Papandayan Volcano 1826-1934.
- Al Kausar, A., Indarto, S., Permana, H., Yuliyanti, A., Jakah. 2016. *Petrologi dan Geokimia Batuan Vulkanik Kompleks Karaha-Talagabodas, Garut, Jawa Barat*. Prosiding Puslit Geoteknologi LIPI 2016.
- Alzwar, M., Akbar, N. dan Bachri, S., 1992. *Peta Geologi Lembar Garut dan Pameungpeuk, Jawa, skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Anonim. 1992. Rencana pengelolaan lingkungan Bendungan Serbaguna Jatigede. Pusat Penelitian Sumber Daya Alam dan Ling-

- kungan LP Unpad bekerjasama dengan Proyek Induk Pengembangan Wilayah Sungai Cimanuk dan Cisanggarung Direktorat Jenderal Pengairan Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Anonim. 1992. Rencana Pemantauan Lingkungan (RPL). Pusat Penelitian Sumber Daya Alam dan Lingkungan bekerjasama dengan Proyek Induk Pengembangan Wilayah Sungai Cimanuk dan Cisanggarung Direktorat Jenderal Pengairan Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Ariwibowo, G. A., 2015. *Perkembangan Mutakhir Historiografi Indonesia: Orientasi Tema dan Perspektif. Prosiding 3rd Graduate Seminar of History 2015*, 155.
- Asep Nursalim, Nana Sulaksana, dan Emi Sukiyah, 2016. *Peran Aspek Geomorfologi Dalam Menentukan Karakteristik Endapan Debris Avalanches Gunung Papandayan, Garut, Jawa Barat*. Bulletin of Scientific Contribution, Vol. 14, No.1, April 2016 : 45 – 54.
- Asmoro, P., Wahyudin, D., dan Mulyadi, E., Erfan, R.D., Bacharudin, R., Suparman, Mulyana, A.R., Hadisantono, R.D., Kusdinar, E., Zaennudin, A., Dana, I.N., dan Suganda, O.K., 1986, *Laporan Akhir Pemetaan Geologi G.Papandayan Bagian Utara*; Bandung: Direkt. Vulkanol., tidak dipublikasikan.
- Asmoro, P., Wahyudin, D., dan Mulyadi, E., 1987, *Geologi Gunungapi Papandayan, Kabupaten Garut, Jawa Barat*; Proc. PIT XVI IAGI, Bandung, 7-10 Dec. 1987.
- Asmoro, P., 1988, *The Geology of Papandayan Crater and Future Debris Avalanche Possibilities, West Java, Indonesia*; Victoria University of Wellington, unpublished.
- Asmoro, P., Wahyudin, D., Mulyadi, E. 1989. *Peta Geologi Gunung api Papandayan*, Direktorat Vulkanologi, Bandung.
- Assalam, Awwaludin. (2008). *Pengukuran Sesar Menggunakan Metode CSAMT di Area Geothermal Kamojang*. Program Studi Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gajah Mada.
- Bachtiar,T., 2013. Talaga Bodas, Danau Kawah Putih Susu. <http://>

geomagz.geologi.esdm.go.id/talaga-bodas-danau-kawah-putih-susu-2/07/10/2013

- Bakosurtanal. 1999. Peta Rupabumi Indonesia skala 25.000, Edisi I Tahun 1999, Lembar 1308-431 Sukawening, lembar 1308-433 Malangbong dan Lembar 1208-642 Garut.
- Basuki, A. 2010. *Hubungan Antara Aktivitas Vulkanik G.Guntur dengan Aktivitas Tektonik Daerah Sekitarnya*, Laporan Penelitian. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. Bandung.
- Budhitrisna, T. 1986. Peta Geologi Lembar Tasikmalaya, Jawa Barat. Skala 1:100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Bemmelen, R.W. van, 1949. *The Geology of Indonesia, Vol. IA, General Geology*. Martinus Nijhoff, The Hague. Netherlands, 732 h.
- Bronto, S., 2003. Gunungapi Tersier Jawa Barat: Identifikasi dan Implikasinya. *Majalah Geologi Indonesia*, v. 18, no. 2, h.111 – 135.
- Bronto, S., 2004. *Masalah Stratigrafi dalam Kaitannya dengan Sedi-
men Kuartar, Batuan Gunungapi dan Intrusi: Studi Kasus di Jawa Barat*. Dalam: B.H. Harahap, Djuhaeni & D. Pribadi (Penyunting), *Stratigrafi Pulau Jawa, Publikasi Khusus, Lokakarya Stratigrafi Pulau Jawa, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung*, h.37-49.
- Chaldun, A., 2003. *ATLAS Indonesia & Dunia*,. ISBN 979-3703-09-1. PT. Karya Pembina Swajaya, Surabaya, hal.18.
- Clements, B. dan Hall, R., 2007. *Cretaceous to Late Miocene Stratigraphic and Tectonic Evolution of West Java*. Proceedings Thirty-First Annual Convention and Exhibition Indonesian Petroleum Association, May 2007.
- D.F. Yudiantoro, Emmy Suparka, Isao Takashima, Daizo Ishiyama, dan Yustin Kamah, 2012. *Alteration and Litho geochemistry of altered Rocks at Well KMJ-49 Kamojang Geothermal Field, West Java, Indonesia*. *International Journal Econ. Env. Geol*, Vol. 3(2) 21-32, 2012.
- Djuri. 1995. Peta Geologi Lembar Arjawinangun, Jawa. Skala

- 1:100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Endah Sulistyawati, Rifki M. Sungkar, Eni Maryani, Moekti Aribowo, Dian Rosleine. 2006. *The Biodiversity of Mount Papandayan and the Threats*. Paper presented on International Interdisciplinary Conference Volcano International Gathering 2006, “1000 years Merapi Paroxysmal Eruption”, Volcano: Live, Prosperity, and Harmony. Yogyakarta, Indonesia, September 7, 2006.
- Fauzi, A., Permana, H., Indarto, S., Gaffar E. Z., 2015. *Regional Structure Control on Geothermal Systems in West Java, Indonesia*. Proceedings World Geothermal Congress 2015 Melbourne, Australia, 19-25 April 2015.
- Grandy Danakusumah dan Suryantini. 2020. *Integration of the Lineament Study in the Karaha-Bodas Geothermal Field, West Java*. ITB International Geothermal Workshop. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Hadisantono, Rudy Dalimin. 2006. *Devastating Landslides Related To The 2002 Papandayan Eruption*. Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 1 No. 2 Juni 2006: 83-88
- Hall, R., Clements, B., Smyth, H.R., dan Cottam, M.A., 2007. *A New Interpretation of Java's Structure*. Proceedings Thirty-First Annual Convention and Exhibition Indonesian Petroleum Association, May 2007.
- Haryadi Permana, Sri Indarto, Heri Nurohman, dan Sudarsono, 2016. *Evolusi Pembentukan Gunungapi Kompleks Karaha-Talaga Bodas, Garut, Jawa Barat Berdasarkan Analisis morfostratigrafi dan Morfostruktur*. Prosiding Geotek Expo Puslit Geoteknologi LIPI, Desember 2016 ISBN:978-979-8636-32-5291.
- Haerani, N., dkk. 2004. *Laporan Inventarisasi Potensi Wisata Gunungapi Talaga Bodas, Kabupaten Garut dan Tasikmalaya, Jawa Barat*. No. 196/DVMBG/2004, Desember 2004.
- Hawe Setiawan. 2019. “Bujangga Manik dan Studi Sunda”. Universitas Pendidikan Indonesia (UPI). upi.edu (pdf) Diakses 30 Mei 2019.

- Hidayati, S. 2010.
- Hidayati, S. 2010. *Mekanisme Fokus dan Parameter Sumber Gempa Vulkanotektonik di Gunung Guntur Jawa Barat*. Jurnal Geologi Indonesia. Badan Geologi, Bandung.
- Hilyah, Anik. (2010). *Studi Gempa Mikro untuk Mendeteksi Rekahhan di area Panas Bumi Kamojang Kabupaten Garut*. Program Studi Geofisika, Institut Teknologi Sepuluh November.
- Indarto, S., Permana, H., Gaffar, E.Z., Sudarsono, Bakti, H., Andrie Al Kausar, A., Yuliyanti, A., Heri Nurohman, H., dan Jakah. 2015. *Mineral Alterasi hidrotermal Pada Batuan Vulkanik dan Alternatif Penggunaannya, Studi Kasus: Cekungan Kaldera Garut-Bandung dan Sekitarnya, Jawa Barat*. Laporan Teknis Hasil Penelitian Puslit Geoteknologi LIPI, tidak terbit.
- Irianto, dkk., 2000. *Penyelidikan Petrokimia Batuan Gunungapi Talaga Bodas, Garut dan Tasikmalaya, Jawa Barat*. Direktorat Vulkanologi.
- Ismayanto A.F., T.A.F Sumantri, I. Setiawan, Sudarsono, S. Indarto. *Interpretasi Struktur Regional Jawa dari Peta Relief Shaded Gravity Regional Kaitannya dengan Lokasi Mineralisasi di Pulau Jawa*. Extended abstract and oral presentation of Seminar Geoteknologi, Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, 2007.
- Iyan Haryanto, Emi Sukiyah, N. Nurul Ilmi, Y. A. Sendjaja⁴, E. Sunardi, 2015. *Tectonics Activity and Volcanism Influence to the Garut and Leles Basins Configuration and the Implication on Environmental Geology*. International Journal of Science and Research (IJSR) ISSN (Online): 2319-7064.
- Irada A., 2017. *Interaksi Fluida dan Batuan Berdasarkan Mineral Ubahan di Sumur KRH 5-2 Lapangan Panas Bumi Karaha Bodas Provinsi Jawa Barat*. Thesis Program Studi Teknik Geologi Institut Teknologi Bandung
- Jeffrey, B.M., 2008. *Facies Characterization and Mechanism of Termination of a Tertiary Carbonate Platform: Rajamandala Formation, West Java* (Abstract). 2008 Joint Annual Meeting of Celebrating the International Year of Planet Earth. 5-9 October 2008,

Houston, Texas.

- Kadarsetia, E., 2004. *Petrologi dan Geokimia Gunungapi Papandayan, Jawa Barat*, Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi.
- Kadarsetia, E. 2010. *Geokimia Unsur Unsur Utama Batuan Gunung Api Papandayan*. Bulletin Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Vol. 5 No.2 Agustus 2010: 23-29.
- Kusumadinata, K., 1970, Sekoleksi Bahan Keterangan Mengenai G. Papandayan; Bandung: Direkt. Vulkanol., tidak dipublikasikan.
- Kusumadinata, K., 1970, Konsep: Gunung Papandayan; Bandung: Direkt. Vulkanol., tidak dipublikasikan.
- Kusumadinata, K., Hadian, R., Hamidi, S., dan Reksowirogo, L.D., 1979. *Data Dasar Gunungapi*; Bandung: Direkt. Vulkanol., tidak dipublikasikan.
- Kusumadinata, K. 1979. *Data Dasar Gunungapi Indonesia*. Direktorat Vulkanologi, Direktorat Jendral Pertambangan Umum, Departemen Pertambangan dan Energi.
- Meriyani. 2011. *Analisis Aktivitas Tektonik Gunung Guntur Berdasarkan Data Rekaman Seismik Gempa*. Tugas Akhir. Universitas Pendidikan Indonesia
- MEMR, 2017. *Potensi panas bumi Indonesia Jilid 1*. Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi.
- Mirzam Abdurrachman dan Masatsugu Yamamoto. 2016. *Geochemical variation of Quaternary volcanic rocks in Papandayan area, West Java, Indonesia: A role of crustal component*. See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/291973522>.
- Mirzam Abdurrachman, Masatsugu YAMAMOTO, Tabegra DIS- ANDO, Reyhan Wiyarta SUNDAJI. 2017. *Petrographic and Mineral Chemistry Analyses of Quaternary Lavas from Papandayan and Cikuray Volcanoes: A comparison study of Open vs Close Magmatic System Model*. Joint Convention HAGI-IAGI-IAFMI-IATMI Malang, Malang, Indonesia, 2017.

- Musdalifah Wahyu Suryaningtyas Yuliantoro Putri, 2021. *Gunung Papandayan: Dahulu, Kini, dan Nanti*. <https://sejarah.dibi.bnppb.go.id/articles/gunung-papandayan-dahulu-kini-dan-nanti>.
- Nicholson K., 1993. *Geothermal fluids - chemistry and exploration techniques*. Springer Verlag
- Nurohman, H., Bakti, H., Indarto, S., Kuswandi. 2016. *Mata air panas Gunung Talaga Bodas ditinjau dari aspek kimia*. Prosiding Puslit Geoteknologi LIPI, 2016.
- Prabata W and Berian H 2017. *3D natural state model of Karaha-Talaga Bodas Geothermal Field, West Java, Indonesia*. 39th New Zealand Geothermal Workshop.
- Pratomo, I., 2006. *Klasifikasi gunung api aktif Indonesia, studi kasus dari beberapa letusan gunung api dalam sejarah*. *Indonesian Journal on Geoscience*, 1(4), 210–213. <https://doi.org/10.17014/ijog.vol1no4.20065>
- Raharjo, I., Wannamaker, P., Allis, R.,3, David Chapman, D. 2002. *Magnetotelluric interpretation of The Karaha Bodas Geothermal Field Indonesia*. Procc. 27th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, January 28-30, 2002SGP-TR-171.
- Rahman, F. (2019). “Tumbuh setelah Bencana”: Perkembangan Penelitian Botani di Hindia Belanda Sesudah Erupsi Krakatau Tahun 1883. *Jurnal Sejarah*, 2(2), 15–19. <https://doi.org/10.26639/js.v.>
- Rindu Grahabhakti Intani, Satrio Wicaksono, Glenn Golla, dan Suryantini. 2020. *Updated Geologic Structures and Stratigraphy of the Darajat Geothermal Field in Indonesia*. ITB International Geothermal Workshop 2020. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 732 (2021) 012012 doi:10.1088/1755-1315/732/1/012012.
- Sadikin, N., M.Iguchi., G.Suantika., dan M.Hendrasto. 2007. *Seismic Activity of volcanotectonic earthquake at Guntur Volcano, West Java, Indonesia during period 1991 to 2005*. *Indonesian Journal of Physics*.

- Sagala, S. A. H., & Yasaditama, H. I. 2012. *Analisis Bahaya dan Resiko Bencana Gunungapi Papandayan (Studi Kasus: Kecamatan Cisurupan, Kabupaten Garut)*. *Forum Geografi*, 26(1), 2-3. <https://doi.org/10.23917/forgeo.v26i1.5046>
- Sari, C. W., 2016. *Manajemen Bencana Pemerintah Kabupaten Garut Studi Kasus: Letusan Gunung Papandayan Tahun 2008*. *Journal of Politic and Government Studies*, 5(3), 3-4. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jpgs/article/view/12430>
- Silitonga, P.H., Masria, M. & Suwarna, N. 1996. Peta Geologi Lembar Cirebon. Skala 1:100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sjafrudin, A. 1998. Penentuan prioritas penanganan lahan kritis di Sub DAS Cimanuk hulu. Tesis Magister. Program Magister Perencanaan Wilayah dan Kota, Program Pascasarjana ITB, Bandung.
- Smith, W.H., and Sandwell, D.T., 1997. *Global seafloor topography from satellite altimetry and ship depth sounding*. *Science*, 277. p.1956-1962.
- Sulaksana, N., Sudrajat, A., Sukiyah, E, Sjafrudin, A., Tri Haryanto, E., Yoseph, B., 2011. *Karakteristik Morfotektonik DAS Cimanuk Bagian Hulu dan Implikasinya Terhadap Intensitas Erosi-Sedimentasi di Wilayah Pembangunan Waduk Jatigede*. Laporan Akhir Penelitian Kompetensi Keilmuan Laboratorium Geomorfologi, Universitas Padjadjaran.
- Sulaksana, N., Sukiyah, E., Sjafrudin, A. dan Haryanto, E.T. 2013. *Karakteristik Geomorfologi DAS Cimanuk Bagian Hulu Dan Implikasinya Terhadap Intensitas Erosi Serta Pendangkalan Waduk Jatigede*. *Bionatura-Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik* Vol. 15, No. 2, Juli 2013: 100 – 106, ISSN 1411 – 0903.
- Sunardi, E., Kontrol struktur terhadap penyebaran batuan vulkanik Kuartar dan gunungapi aktif di Jawa Barat, *Bulletin of Sci. Contribution*, volume 12, hal. 123-127, 2014.
- Sutawidjaya, Igan S., G.Suantika, O.K.Suganda, M.Hendrasto, K.Ishihara, M.Iguchi, T.Eto. 1998. *Observation System at Guntur*

Volcano, West Java. Proceeding of Symposium on Japan Indonesia IDNDR Project-Vulcanology, Tectonics Flood and Sediment Hazard, Bandung.

Syaris Kamaludin, Hertien Koosbandiah Surtikanti, dan Wahyu Surakusumah, 2018. Studi Kelayakan Perairan Situ Bagendit sebagai Sumber Belajar pada Mata Kuliah Biologi Air Tawar. *J. Ind. Bio. Teachers* 1 (2), 53-61; Juli, 2018.

Wijaya, I.P.K, Zangel, C., Straka, W. and Ottner, F. (2017). *Geological Aspect of Landslide in Volcanic Rocks in a Geothermal Area (Kamojang Indonesia)* in Mikos M, Vilimek V, Yin Y, Sassa K (eds) *Advancing Culture of Living with Landslides*. Springer, World Landslide Forum 5, p. 429-437. DOI: 10.1007/978-3-319-53483-1_51.



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 Sumber Daya Air Tanah dan Geologi Lingkungan, Badan Geologi. Saat ini aktif sebagai Ketua Dewan Redaksi *Buletin Geologi Tata Lingkungan* (BGTL), Ketua Dewan Redaksi *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi* (JLBG), dan Anggota Dewan Redaksi *GEOMAGZ* (Majalah Geologi Populer).



BADAN GEOLOGI

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral