



Bumi Cianjur Berguncang

Geologi Menyelidiki dan Memitigasi

BADAN GEOLOGI
KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL

BUMI CIANJUR BERGUNCANG

GEOLOGI MENYELIDIKI DAN MEMITIGASI



BUMI CIANJUR BERGUNCANG

GEOLOGI MENYELIDIKI DAN MEMITIGASI

Badan Geologi

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

Bumi Cianjur Berguncang: Geologi Menyelidiki dan Memitigasi

Penulis

Supartoyo, Sukahar Eka Adi Saputra, Kristianto, S.R. Sinung Baskoro, Anjar Heriwaseso, Sumaryono, Atep Kurnia, M. Wachyudi Memed, Selasian Gussyak, Hidayat, G.m. Lucky Junursyah, Joko Wahyudiono, Agus Budianto, M.n. Kartadinata, Nannang Suryono, Aji Suteja, M. Ervan, Yayan Sopyan, Agus Garniwan, Haunan Afif, Athanasius Cipta, Ujang Jajat Solehudin, Nur Rokhman, Yasa Suparman, Asep Sutia Erawata, M. Nizar Firmansyah, Yohandi Kristiawan, Eep Ridwan Firdaus, Andrikti Wiria Kusumah, Sony Mawardi, Novie N. Afatia, Godwin Latuputty, Ginda Hasibuan, Muhammad Agung Akrom Fahmi, Taufiq Wira Buana, Agus Budi-anto, Imam Catur Priambodo.

Editor

Atep Kurnia, Joko Parwata, Udi Hartono

Penata letak dan Desainer Cover

Gunawan

Diterbitkan oleh:

BADAN GEOLOGI
Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
Alamat: Jl. Diponegoro No. 57 Bandung 40122
Website: www.geologi.esdm.go.id

Cetakan Pertama: 2023

Hak Cipta dilindungi Undang-undang.
Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku
tanpa izin penulis dan penerbit.

ISBN: 978-602-9105-94-0

Kata Pengantar

Plt. Kepala Badan Geologi

Dengan memanjatkan puja dan puji ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunianya sehingga buku *Bumi Cianjur Berguncang: Geologi Menyelidiki dan Memitigasi* dapat diterbitkan. Buku ini disusun dalam kerangka menghimpun hasil survei, pemetaan, dan penyelidikan yang dilakukan oleh Badan Geologi terkait peristiwa gempa bumi besar yang melanda bumi Cianjur dan sekitarnya di Provinsi Jawa Barat pada 21 November 2022.



Penerbitan buku ini merupakan wujud nyata pelaksanaan salah satu fungsi Badan Geologi, sebagai salah satu satuan kerja di lingkungan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Menurut Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 15 Tahun 2021 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, salah satu fungsi Badan Geologi adalah “pelaksanaan penelitian, penyelidikan, dan pelayanan di bidang sumber daya geologi, vulkanologi dan mitigasi bencana geologi, air tanah, dan geologi lingkungan, serta survei geologi”.

Di dalam buku *Bumi Cianjur Berguncang: Geologi Menyelidiki dan Memitigasi* tersaji informasi dasar terkait dengan Cianjur mulai yang sudah diketahui umum, seperti runutan kesejarahannya dan kekhasannya sebagai destinasi di wilayah Jawa Barat. Pembahasan mendalam tertuju kepada hasil-hasil survei, pemetaan, dan penyelidikan yang dilakukan oleh para ahli di Badan Geologi terkait dengan gempa bumi besar di Cianjur pada 21 November 2022.

Dengan hadirnya buku ini, diharapkan dapat memberikan informasi geologi demi kesiapsiagaan mitigasi bencana dan pemberdayaan masyarakat di wilayah Kabupaten Cianjur dan sekitarnya. Memang Badan Geologi turut berperan dalam pemahaman dan penanganan bencana alam, terutama di wilayah yang rawan terhadap berbagai ancaman geologi seperti gerakan tanah/longsor, gempa bumi dan tsunami, dan erupsi gunung api. Sebagaimana yang tercermin dari buku ini, Badan Geologi berkomitmen untuk terus menyediakan informasi yang akurat dan relevan tentang kondisi geologi di seluruh wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia, agar tercipta masyarakat siaga dan tanggap bencana.

Semoga *Bumi Cianjur Berguncang: Geologi Menyelidiki dan Memitigasi* ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua dan kami ucapkan terima kasih kepada semua pihak atas bantuan dan kerja samanya sehingga dapat diterbitkannya buku ini.

November 2023

Plt. Kepala Badan Geologi



Muhammad Wafid

Sambutan Menteri ESDM

Para Pembaca yang Budiman,

Bumi Cianjur dan sekitarnya telah menjadi pusat perhatian utama Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral karena dinamika geologinya yang demikian kompleks. Sebagai Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral, dengan rendah hati dan kebanggaan yang tak terhingga, kami mempersembahkan buku *Bumi Cianjur Berguncang: Geologi Menyelidiki dan Memitigasi*.



Badan Geologi, sebagai salah satu satuan kerja di lingkungan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, sebagai ujung tombak pengetahuan geologi di Indonesia, telah dengan penuh dedikasi menyusun karya ini untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang kondisi geologi serta upaya mitigasi di wilayah Cianjur. Buku ini bukan hanya merupakan kumpulan pengetahuan geologi semata, tetapi dapat dijadikan panduan yang mencerahkan mengenai risiko dan pemahaman mendalam terhadap geologi di wilayah yang pernah terpapar bencana gempa bumi ini.

Karya ini menyoroti aspek pengetahuan umum dan geologi dasar tentang bumi Cianjur, dan lebih memusatkan perhatiannya

pada upaya penyelidikan peristiwa gempa bumi signifikan yang terjadi pada 21 November 2022 di Cianjur. Melalui paparan yang terperinci, kami berharap buku ini akan menjadi sumber pengetahuan yang berguna, tidak hanya bagi kalangan ahli, tetapi untuk seluruh lapisan masyarakat.

Kami ingin menyampaikan apresiasi setinggi-tingginya kepada Badan Geologi atas kerja keras dan komitmen dalam menggali serta menyajikan informasi yang bernilai mengenai geologi Cianjur. Demikian pula kepada seluruh pihak yang turut berperan dalam penyusunan karya berharga ini, tanpa kehadiran serta kontribusi mereka, buku ini tidak akan terealisasi.

Semoga buku *Bumi Cianjur Berguncang: Geologi Menyelidiki dan Memitigasi* menjadi landasan pengetahuan yang bermanfaat bagi kita semua, dan menjadi langkah awal yang konkrit dalam upaya memahami serta menghadapi tantangan geologi di masa depan.

Terima kasih.
Jakarta, November 2023



Arifin Tasrif

DAFTAR ISI

v	PENGANTAR PLT. KEPALA BADAN GEOLOGI
vi	SAMBUTAN MENTERI ESDM
ix	DAFTAR ISI
xi	PROLOG
1	Mengenal Cianjur, Kawasan dengan Sejuta Pesona
17	Tataan Geologi Cianjur
39	Kegunungapian di sekitar Cianjur
45	Sejarah & Aktivitas Gunung Gede
57	Sejarah Gempa Bumi di Cianjur dan Sekitarnya
61	Tektonika: Motor Penggerak Gempa Bumi Cianjur
77	Investigasi Cugenang: Menguak Misteri Genetika Gempa Cianjur untuk Melawan Lupa Tatkala Gempa Melanda
123	Sumber Gempa Bumi Daerah Cianjur
137	Gambaran Bawah Permukaan Kejadian Gempa Cianjur 2022 Berdasarkan Data Geofisika
153	Dampak Permukaan Gempa Bumi Cianjur Tanggal 21 November 2022
167	Dampak Gempa Cianjur terhadap aktivitas Vulkanik Gunung Gede
183	<i>Survei Ground Penetrating Radar</i> Pasca Gempa Bumi Cianjur
197	Tinjauan tentang Jenis Gerakan Tanah yang Dipicu Gempa Bumi di Kabupaten Cianjur
213	Upaya Pengurangan Risiko Gempa Bumi di Cugenang
221	Geologi Tata Lingkungan Pasca Bencana Gempa Bumi Cianjur
237	<i>Build Back Better and Safer</i> : Penataan pemukiman relokasi berbasis aspek kebencanaan paska kerusakan Gempabumi Cianjur
283	EPILOG
287	DAFTAR PUSTAKA
297	SENARAI KATA



Prolog

Selasa siang, 22 November 2022, Presiden Joko Widodo berada di tenda yang ada di Kabupaten Cianjur. Orang nomor satu di Indonesia yang tampil kasual dengan mengenakan kemeja putih lengan panjang yang digulung, celana hitam, dan sepatu sport berwarna hitam itu tengah duduk di ujung sebuah velbed berwarna hijau militer dan menghadapi tiga orang perempuan berjilbab yang sama-sama duduk di tengah velbed masing-masing. Sementara dua orang perempuan lainnya ada di belakang Jokowi.

Terlihat, Presiden Jokowi sedang membicarakan sesuatu dengan kelima orang perempuan itu. Sedangkan di muka tenda yang tersingkap, banyak orang yang menyaksikan peristiwa tersebut. Di antaranya ada Gubernur Jawa Barat Ridwan Kamil yang bertopi koboy dan mengenakan rompi lapangan bersandar ke tiang tenda, memperhatikan ketiga perempuan yang diajak bicara oleh Jokowi. Demikian pula dengan Kepala Staf Angkatan Darat Jenderal TNI Dudung Abdurachman yang berseragam militer berdiri di samping Ridwan Kamil, sama menyimak ketiga perempuan. Selain keduanya banyak pula pejabat sipil dan militer lainnya yang berada di depan tenda itu. Sementara para wartawan hanya tangannya hanya terlihat tangannya saja yang memegang ponsel, mengarahkan kameranya ke arah presiden dan ketiga perempuan.

Selasa siang itu, Presiden Jokowi tengah mengunjungi tenda pengungsian di Taman Prawatasari yang menjadi tempat tinggal sementara warga terdampak gempa bumi di Cianjur, yang terjadi sehari sebelumnya. Orang nomor satu di Indonesia itu meninjau langsung tempat-tempat terdampak, yaitu di Kecamatan Cugenang. Tempat pertama yang didatanginya jalan raya Cibeureum, penghubung wilayah Bogor-Cianjur di Cugenang yang sempat ter-

timbun gerakan tanah atau longsor. Dari situ barulah rombongan Jokowi mengunjungi Taman Prawatasari, taman rindang dengan jalur jogging plus tempat bermain anak-anak, yang dijadikan tempat pendirian tenda-tenda pengungsian. Di taman yang terletak di Jl. Surya Kencana No.1, Sawah Gede, Kecamatan Cianjur, itu pula Presiden Joko Widodo menggelar rapat terbatas dan menginstruksikan jajarannya untuk segera membuka daerah terisolasi, memperbaiki infrastruktur fasilitas umum maupun rumah warga terdampak, dan membangun tenda perawatan darurat.

Kunjungan Presiden Joko Widodo itu menunjukkan tindakan yang sigap dan tanggap yang ditunjukkan oleh pemerintah terhadap bencana alam yang terjadi di sekitar Cianjur sehari sebelumnya. Pada 21 November 2022 siang hari (13:21:10 WIB) memang terjadi gempa bumi berdampak besar di daerah Cianjur dengan skala magnitudo sebesar 5,6. Hingga hari kunjungan Jokowi ke Taman Prawatasari, menurut data BMKG, tercatat 140 gempa-gempa susulan dengan magnitudo berkisar 1.2-4.2. Gempa bumi utama berdampak dan dirasakan di Kota Cianjur dengan skala intensitas V-VIII MMI (Modified Mercalli Intensity); Garut dan Sukabumi IV-V MMI; Cimahi, Lembang, Kota Bandung, Cikalong Wetan, Rangkasbitung, Bogor dan Bayah dirasakan dengan skala intensitas III MMI; Tangerang Selatan, Jakarta dan Depok juga dirasakan dengan skala intensitas II-III MMI.

Dampaknya, keesokannya, tanggal 22 November 2022 pukul 17.00 WIB, diketahui bahwa kejadian gempa bumi tersebut ternyata berdampak besar. itu Menurut informasi dari BNPB, menimbulkan 268 korban jiwa dan lebih dari 2.000 rumah mengalami kerusakan. Pada 5 Desember 2022, BNPB merekam mencatat bahwa 334 korban jiwa dengan 8 orang masih belum ditemukan, korban luka-luka sebanyak 593 orang, yang masih dirawat di rumah sakit sebanyak 49 orang, jumlah pengungsi mencapai 41.166 kepala keluarga atau berjumlah 114.683 jiwa. Demikian kerugian materiil terbilang sangat banyak. Di antaranya 8.151 rumah rusak berat, 11.210 rumah rusak sedang, dan 18.469 rumah rusak ringan.



Berbicara mengenai potensi bencana geologi di sekitar Cianjur, kita dapat berkaca dari sejarah. Tentang gempa bumi di sekitar Cianjur, misalnya, kita dapat membuka-buka berbagai pustaka yang merekam kejadian-kejadiannya, bahkan pada tempo ratusan tahun ke belakang. Berbagai pustakanya antara lain ada *Die Erdbeben des Indischen Archipels* (1918 dan 1922) susunan Carl Ernst Arthur Wichmann (1851-1927), *Katalog Gempabumi Merusak di*

Indonesia Tahun 1612-2014 (cetakan kelima, 2014) susunan Supartoyo, Surono, dan Eka Tofani Putranto, dan Katalog Gempabumi Signifikan dan Merusak 1821-2017 (2017) susunan Urip Setiyono dan kawan-kawan. Selengkapnya sejarah gempa bumi di Cianjur dan sekitarnya ditulis terpisah dalam buku ini.

Selain gempa bumi, letusan gunung api sempat membayangkan-bayangi sejarah peri kehidupan orang Cianjur. Bahkan kejadian tersebut pula yang menyebabkan pindahnya ibu kota Keresidenan Priangan dari Cianjur ke Bandung pada tahun 1865. Ihwal ini bisa kita baca sejarahnya dari penelitian A. Sobana Hardjasaputra (Perubahan Sosial di Bandung, 1810-1906, 2002).

Menurut A. Sobana Hardjasaputra, Cianjur menjadi ibu kota Priangan semenjak Gubernur Jenderal Thomas Stamford Raffles berkuasa di Hindia Belanda, yaitu antara 1811-1816. Residen Priangan pertama yang berkedudukan di Cianjur sebagai pusat pemerintahan keresidenan adalah Th. Macquoid (1811-1816). Saat itu Keresidenan Priangan terdiri atas lima kabupaten, yaitu Cianjur, Bandung, Sumedang, Sukapura, dan Parakanmuncang.

Pada masa Residen Priangan C.P.C. Steinmetz (1851-1855) mulai mengemukakan gagasan untuk memindahkan ibu kota Priangan dari Cianjur ke Bandung, dengan beberapa pertimbangan, yaitu karena suhu udara kota Bandung lebih menyenangkan, khususnya bagi orang Eropa; letak strategis kota Bandung yang berada di bagian tengah daerah Priangan; jumlah penduduk Bandung lebih banyak dari penduduk Cianjur; Bandung kaya akan kopi dan padi; dan kehidupan ekonomi di Bandung cukup berkembang dan menunjukkan prospek lebih baik.

Gagasan tersebut terus didengung-dengungkan residen kepada pemerintah Hindia Belanda. Akhirnya, Gubernur Jenderal Charles Ferdinand Pahud (1856-1861) menyetujui pemindahan itu melalui keputusan verbal tanggal 28 Juni 1856, usulan No. 84 tanggal 11 Oktober 1856. Meski demikian, pelaksanaannya tidak segera terwujud, karena terkendala masalah keuangan. Perwujudannya baru terlaksana pada masa Residen Priangan J.W.J.C. van

der Moore (1858-1874), karena dipicu oleh letusan Gunung Gede pada pertengahan tahun 1864. Letusan tersebut menyebabkan Kota Cianjur rusak berat, bahkan beberapa bangunan di kota Bogor, antara lain gedung megah tempat tinggal gubernur jenderal (sekarang Istana Bogor) mengalami kerusakan. Akhirnya, melalui keputusan tanggal 7 Agustus 1864 No. 18 (Stb. 1864 No. 18. Lampiran 2), gubernur jenderal memindahkan ibu kota Keresidenan Priangan dari Cianjur ke Bandung.

Hingga penjajahan Belanda berakhir (1952), Bandung tetap menjadi ibu kota Keresidenan Priangan. Di sisi lain, Gunung Gede hingga kini masih gunung api aktif yang selama 24 jam aktivitas kegunungapiannya terus-menerus dipantau oleh Badan Geologi. Dengan demikian, aktivitas vulkanik dan sejarah letusan Gunung Gede juga ditulis secara mandiri dalam buku ini.

PERAN

Badan Geologi

Apa peran yang dimainkan oleh Badan Geologi (BG), Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) sebelum dan setelah bencana gempa bumi terjadi di Cianjur pada 21 November 2022? Salah satu jawabannya, bisa kita ikuti dari buku ini. Buku Setahun Gempa Cianjur (21 November 2022-21 November 2023) ini berisi kajian-kajian mengenai gempa bumi yang terjadi di Cianjur disertai dengan beberapa tinjauan mengenai aspek-aspek kegeologian lainnya, seperti geologi regional, vulkanisme, geologi teknik dan geologi lingkungan, hidrogeologi atau air tanah dan yang lainnya.

Selama ini peran BG dalam kebencanaan geologi lebih dikenal

pada mitigasi bencana gunungapi dan akhir-akhir ini pada mitigasi bencana gerakan tanah khususnya di Pulau Jawa. Adapun peran BG dalam mitigasi bencana gempa bumi dan tsunami belum begitu terlihat. Padahal sesuai dengan amanah yang diberikan BG berperan dalam mitigasi BG termasuk mitigasi gempa bumi dan tsunami seperti tercantum dalam Perpres nomor 87 tahun 2021 tentang KESDM dan Permen ESDM nomor 15 tahun 2021 tentang Organisasi dan Tata Kerja KESDM. Pada beberapa kejadian gempa bumi dan tsunami yang bersifat katastropis BG berperan dalam memberikan informasi geologi dan potensi bencana geologi, antara lain gempa bumi dan tsunami Palu tahun 2018, gempa bumi Lombok tahun 2018, gempa bumi Mamuju tahun 2021, tsunami Selat Sunda tahun 2018. Oleh karena itu buku mengingatkan kembali peran dari BG dalam mitigasi bencana geologi agar tidak terlupakan, khususnya mitigasi gempa bumi di Cianjur.

Buku ini dimaksudkan untuk mengabadikan peristiwa penting ini. Sedangkan Adapun tujuan utama di balik penyusunan buku ini adalah adalah menyimpan sejarah dan ingatan tentang gempa bumi Cianjur, terutama dari sudut pandang kegeologian, yang dapat diakses oleh generasi sekarang dan masa depan. Dengan demikian, buku ini berpotensi menjadi dokumentasi penting untuk mengingat peristiwa gempa bumi yang terjadi di Cianjur setahun yang lalu.

Tujuan-tujuan lainnya, buku ini dapat memberikan informasi yang komprehensif tentang gempa bumi, termasuk penyebab kejadiannya, dampak ikutannya, dan upaya yang telah dilakukan oleh Badan Geologi untuk mengkaji peristiwa tersebut. Buku ini juga diharapkan dapat meningkatkan kesadaran masyarakat tentang bahaya gempa bumi, langkah-langkah persiapan menghadapi bencana gempa bumi, sekaligus pentingnya kesiapan dalam menghadapi situasi darurat. Dengan kata lain, buku ini berpotensi menjadi alat komunikasi antara masyarakat dan pemerintah, memotivasi kerja sama lebih lanjut antara masyarakat, pemerintah,

dan berbagai pihak terkait dalam menumbuh-kembangkan pengetahuan dan pemahaman mengenai mitigasi bencana gempa bumi. Bagi para peneliti, akademisi, dan praktisi, buku ini dapat menjadi sumber rujukan dalam mengkaji penyebab dan dampak bencana alam, tanggapan, dan pembelajaran yang dapat diambil.

Maksud dan tujuan tersebut, tentu saja tidak terlepas dari peran yang dimainkan oleh Badan Geologi, yang bertugas untuk menyelenggarakan pembangunan nasional yang berkaitan kegeologian, dengan menitikberatkan perhatiannya pada 4 (empat) pilar pembangunan bidang geologi yakni Geo-Hazards, Geo-Resources, Geo-Environment dan Geo-Services.

Pilar pembangunan Geo-Hazards berupa kegiatan Badan Geologi terkait dengan kebencanaan geologi, Geo-Resources tentang kegiatan untuk menyingkap dan mengungkap sumber daya alam baik mineral, batubara maupun panas bumi, Geo-Environment terkait konservasi atau perlindungan geologi meliputi perlindungan bentang alam karst dan cagar alam geologi, konservasi, pendayagunaan, dan pengendalian daya rusak air tanah, informasi geologi teknik dan informasi geologi tata lingkungan untuk pengembangan; dan Geo-Services berupa penyediaan data dasar kegeologian, pengembangan layanan laboratorium, one stop informasi kebencanaan, peningkatan kerja sama, penerbitan jurnal geologi bertaraf internasional.

Dalam kerangka kebencanaan geologi, termasuk peristiwa gempa bumi di Cianjur setahun yang lalu, Badan Geologi dituntut untuk memiliki dan mengaplikasikan sistem pemantauan kebencanaan geologi yang andal yaitu memenuhi prinsip cepat dalam penyajian data dan akurat dalam data serta hasil pengolahannya. Dengan sistem pemantauan demikian diharapkan dapat dihasilkan peringatan dini yang cepat dan tepat untukantisipasi ancaman bahaya, serta korban jiwa dan kerugian harta benda dapat diminimalisir. Seperti halnya, cepat tanggapnya Presiden Joko Widodo kala gempa bumi menerjang Cianjur tanggal 21 November 2022.



Mengenal Cianjur, Kawasan dengan Sejuta Pesona

Oleh: S.R. Sinung Baskoro*

“Banyak tempat wisata di Cianjur yang menjadi sasaran para wisatawan, sehingga layak disebut sebagai Kawasan dengan sejuta pesona”.

Cianjur adalah salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Barat yang terletak di kaki Gunung Gede dan sebagian besar wilayahnya merupakan daerah pegunungan dan persawahan dengan pemandangan alam yang indah sehingga menjadi daerah tujuan wisata yang populer. Ada banyak tempat wisata di Cianjur yang menjadi sasaran para wisatawan.

Moto, Semboyan, Slogan dan Julukan Cianjur

Kabupaten Cianjur memiliki moto “Sugih Mukti” sebagaimana tertulis pada lambang Kabupaten Cianjur yang artinya “kaya” dan “makmur” yang melambangkan kesejahteraan masyarakat. Kabupaten Cianjur juga memiliki semboyan “Cianjur Manjur”, di mana kata manjur secara harfiah memiliki makna: ampuh, kuat, mempan, berpengaruh, berhasil, meyakinkan, mustajab dan mujarab, tapi di samping itu merupakan singkatan dari 3 kata, yaitu mandiri – maju – religius, yang menunjukkan identitas dan harapan kabupaten ini.

Di hari jadinya yang ke-346 tepatnya pada 12 Juli 2023, Cianjur diharapkan bisa bangkit kembali dan semakin maju usai diguncang bencana gempa bumi pada 21 November 2022, sehingga lahirlah semangat dan harapan untuk bangkit dari keterpurukan akibat bencana dengan slogan “Cianjur Bangkit”.

Sebagaimana diketahui, masyarakat Cianjur gemar memelihara ayam, khususnya ayam pelung yang merupakan ras ayam lokal unggul asli Cianjur yang secara simbolik erat kaitannya dengan kehidupan masyarakat Kabupaten Cianjur. Oleh karena itu, ayam pelung dijadikan simbol pembangunan fisik dan psikis Kabupaten Cianjur dengan slogannya “Cianjur Jago” yang mengandung harapan terciptanya masyarakat yang jago secara positif dalam pembangunan kultural masyarakat Kabupaten Cianjur di masa mendatang.

Di samping itu, Cianjur juga memiliki 5 (lima) julukan yaitu sebagai Kota 3 Pilar Budaya, Kota Santri, Kota Penghasil Beras, Kota Pencak Silat dan Kota Tauco.

Kota 3 Pilar Budaya

Cianjur memiliki 3 (tiga) pilar budaya, yaitu *Ngaos*, *Mamaos* dan *Maenpo* yang mengingatkan kita tentang 3 (tiga) aspek keparipurnaan hidup.

“*Ngaos*” adalah tradisi mengaji kitab Suci Al-Quran yang mewarnai suasana dan nuansa Cianjur dan banyak dijumpai dari dulu hingga sekarang di pondok-pondok pesantren, masjid-masjid dan madrasah-madrasah di daerah Cianjur. Budaya *ngaos* memang didasari oleh nilai keagamaan yang kuat di wilayah yang dikenal juga sebagai Kota Santri ini. Seiring dengan perkembangan zaman, makna *Ngaos* diperluas, sehingga dimaknai sebagai mengaji atau mengkaji segala bidang ilmu.

“*Mamaos*” atau tembang cianjuran merupakan seni budaya asli Cianjur. Kesenian ini merupakan perpaduan antara seni vokal dan alat musik Sunda berupa kecapi dan suling. *Mamaos* pertama kali diciptakan oleh Bupati Cianjur R. Aria Adipati Kusumaningrat yang

dikenal dengan sebutan Dalem Pancaniti. Cikal bakal *Mamaos* adalah seni pantun di era kerajaan Pajajaran. Oleh Dalem Pancaniti dikembangkan menjadi seni *Mamaos* yang terdiri atas alat musik berupa kecapi *indung* (kecapi besar) dan kecapi *rincik* (kecil) serta suling yang mengiringi panembang atau *juru mamaos*.

"*Maenpo*" atau pencak silat asli Cianjur. *Maenpo* diciptakan oleh Djaja Perbata atau yang lebih dikenal H. Ibrahim. Aliran ini mempunyai ciri permainan rasa yaitu kepekaan yang mampu membaca segala gerak lawan ketika anggota badan saling bersentuhan. Dalam *maenpo* dikenal ilmu *Liliwatan* (penghindaran) dan *Peupeuhan* (pukulan). *Maenpo* memang unik, dan dulunya hanya diwariskan kepada keluarga *dalem* atau keluarga bupati saja. Namun, kemudian sudah dibuka dan diperkenalkan secara luas. Ada filosofi yang dipegang oleh para pelestari *Maenpo*, bahwa pada tingkatan tertentu pendekar *Maenpo* harus bisa mengalahkan lawan tanpa menyakiti, sehingga nantinya *Maenpo* itu menjadi jalur silaturahmi bukan untuk mencari musuh.

Kota Santri

Daerah Cianjur terkenal dengan citra agamis sejak didirikan pada tahun 1677 oleh tokoh ulama yang menjadi Bupati Cianjur pertama yakni Raden Aria Wiratanu I. Daerah Cianjur yang dibangun oleh para ulama dan santri yang sangat giat menyebarkan agama Islam, sehingga Cianjur banyak dihuni oleh para santri, oleh karenanya mendapat julukan sebagai Kota Santri.



Kota Penghasil Beras

Cianjur sudah sejak lama terkenal sebagai penghasil beras berkualitas khususnya beras pandan wangi yang sudah eksis sejak 1937. Pandan Wangi adalah satu-satunya beras wangi beraroma daun pandan yang merupakan beras terbaik yang tidak ditemukan di daerah lain dan menjadi ciri khas Cianjur. Rasanya enak/pulen dan harganya pun relatif lebih tinggi dari beras biasa. Bahkan dulu beras pandan wangi ini dikenal sebagai beras menak (beras bangsawan).

Keunikan beras varietas unggul pandan wangi khas Cianjur yang memiliki aroma wangi pandan dan bertekstur pulen ini hanya dapat ditanam serta tumbuh dengan baik di wilayah tertentu di tujuh kecamatan, yaitu Kecamatan Warungkondang, Cugenang, Gekbrong, Cibeber, Cilaku, Campaka dan sebagian Kecamatan Cianjur.

Menurut data Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu (DPMPTSP) Kabupaten Cianjur, luas lahan sawah yang digunakan untuk menanam padi pandan wangi ini adalah 10,392 hektar atau sekitar 10% dari total luas lahan persawahan di Kabupaten Cianjur. Produksi rata-rata per hektar adalah 6,3 ton dan produksi per tahun 65,098 ton.

Beras pandan wangi ini menurut hasil penelitian akademisi dari Institut Teknologi Bandung (ITB) hanya bisa dihasilkan oleh dua negara di dunia, yaitu Indonesia dan Siberia yang tumbuh pada jenis tanah renzina dengan kandungan organik tinggi pada ketinggian antara 450 – 800 meter di atas permukaan laut.

Kota Pencak Silat

Sejak dulu Cianjur dikenal dengan seni bela diri pencak silat yang menghasilkan berbagai aliran terkenal, antara lain aliran Cikalong, Cimande dan Sabandar. *Maenpo* adalah istilah lain dari pencak silat yang berasal dari bahasa Sunda. Jadi orang Sunda menyebut silat itu beragam seperti *ulin*, *amengan*, atau *usik*, sehingga silat ini dinamakan maenpo. Seni tradisional ini mampu tetap eksis di tengah perkembangan zaman. Bahkan justru lebih pesat berkembang di luar Cianjur yaitu di Jakarta, Bandung, Yogyakarta, bahkan sampai Perancis.

Kota Tauco

Julukan Kota Tauco sudah melekat sejak lama bagi Cianjur. Sejak dahulu, Cianjur sudah dikenal sebagai penghasil fermentasi kacang kedelai yang beraroma khas yaitu tauco. Salah satu tempat produksi tauco di Cianjur yang sudah berdiri sejak tahun 1880 bermerek Cap Meong. Tauco legendaris ini diciptakan oleh warga keturunan Tionghoa bernama Tan Ken Yan ternyata mampu eksis hingga kini.



Foto; Hilman

Asal Usul Nama Cianjur

Nama-nama tempat sering kali mencerminkan ciri geografis, kondisi alam atau budaya khas di daerah tersebut. Ada beberapa versi mengenai asal usul nama Cianjur ini yang perlu diketahui. Ada yang mengatakan bahwa nama “Cianjur” berasal dari kata “Ciandeyur” yang merupakan gabungan dari dua kata dalam Bahasa Sunda yaitu “Ci” yang berarti air dan “Andeyur” yang

berarti hulu atau sumber. Sehingga Cianjur artinya tempat di mana sumber air berasal. Jadi nama Cianjur memiliki arti daerah yang kaya akan air, mengacu pada kondisi geografis daerah tersebut yang memiliki tanah subur dan banyak mengandung air. Namun, ada juga versi yang mengatakan bahwa “Cianjur” berasal dari dua kata dalam bahasa Sunda yaitu kata “Ci” yang berarti “air” dan kata “anjur” yang dapat diartikan sebagai “murni” atau “bersih”, sehingga secara harfiah, Cianjur artinya adalah “air yang murni/bersih”.

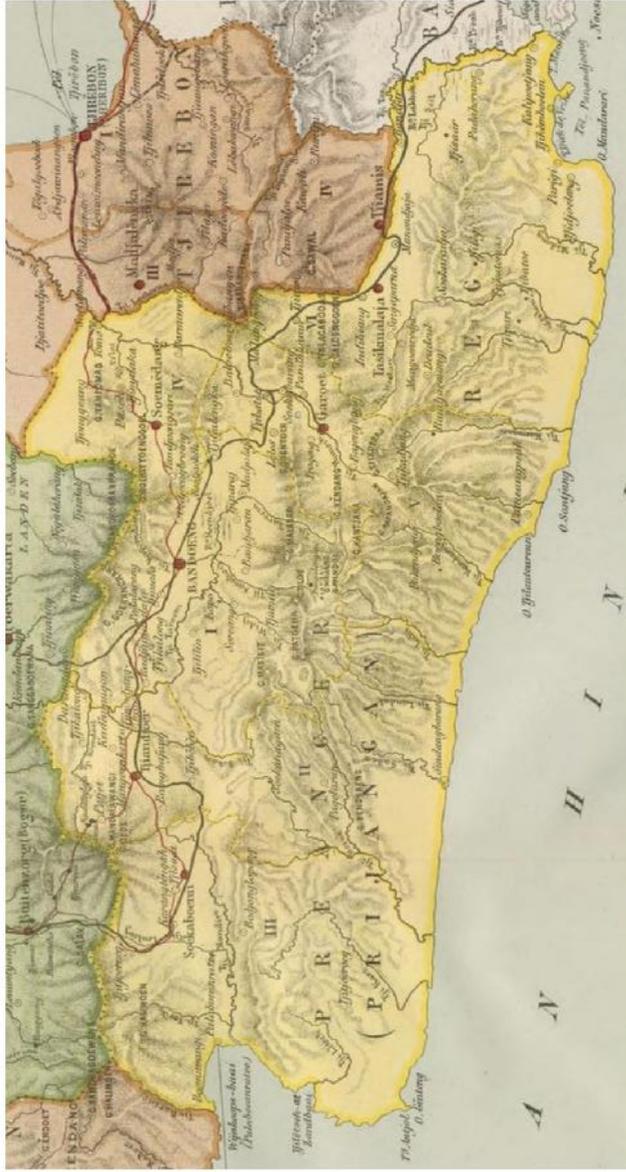
Asal Usul Nama Cianjur Menurut Sejarah

Asal usul nama Cianjur berawal dari sejarah penyebaran agama Islam di kawasan tersebut. Alkisah, Raden Djajasasana, putra Aria Wangsa Goparana dari Talaga, membawa 100 *cacah* (rakyat) yang ditugaskan oleh Sultan Sepuh I dari Cirebon untuk membuka wilayah baru yang bernama Cikundul (sekarang Cikalong Kulon). Pada saat terjadinya peperangan dengan Banten, Djajasasana berhasil menahan serangan dan mempertahankan wilayahnya, sehingga dia mendapat gelar panglima Wiratanu dan akhirnya dikenal dengan gelar Raden Aria Wiratanu Datar yang sering disebut sebagai Mbah Dalem Cikundul. Sementara itu Aria Wangsa Goparana kemudian mendirikan Sagara Herang (artinya Lautan Jernih) dan menyebarkan agama Islam ke daerah sekitarnya.

Sementara itu, Cikundul yang sebelumnya hanyalah merupakan sub-negeri kemudian berkembang menjadi ibu kota, tempat pemukiman rakyatnya Raden Djajasasana. Setelah Djajasasana (Aria Wiratanu I) wafat, pemerintahan dilanjutkan oleh putranya yang bergelar Wiratanu II yang kemudian memindahkan pusat negeri ke daerah Pamoyanan, di mana sejak tahun 1680 disebut Cianjur (Tsitsanjoer-Tjiandjoer).

Wiratanu II menjabat sejak tahun 1677 hingga 1691. Ia banyak meninggalkan warisan berupa tradisi kebudayaan, keagamaan, dan pemerintahan yang masih terjaga dengan baik hingga saat ini. Raden Aria adalah sosok yang berjasa dalam membangun Kota Cianjur sebagai kabupaten yang mandiri, beradab, dan beriman. Beliau merupakan Bupati pertama yang mengukir sejarah Cianjur sebagai daerah yang memiliki identitas, serta karakter tersendiri.

Cianjur Pernah Menjadi Ibu Kota Priangan



1909 Atlas Sekolah Hindia-Nederland. Map of Preanger (Priangan) - Wikipedia

Pada tahun 1677, Cianjur pernah menjadi Ibu kota Priangan. Preanger atau Prijangan adalah nama yang digunakan oleh pemerintah Hindia Belanda untuk wilayah yang sekarang merupakan sebagian besar Provinsi Jawa Barat. Wilayah Priangan meliputi banyak kabupaten dan kota di Jawa Barat saat ini.

Menurut Rachmat Fajar, ahli Sejarah yang juga keturunan Bupati Cianjur ke-10, mengatakan bahwa Cianjur memiliki nilai sejarah yang sangat tinggi di masa silam. Bahkan nama Cianjur sudah dikenal harum dan merupakan wilayah yang disegani pada masa Hindia Belanda.

Dalam salah satu literatur Hindia Belanda tahun 1819 disebutkan bahwa Cianjur adalah ibu kota Karesidenan Priangan. Peran Cianjur sebagai ibukota Priangan tidak berlangsung lama. Pada tahun 1864, Van der Moor, Residen pada saat itu memindahkan ibu kota Priangan dari Cianjur ke Bandung sebagai dampak dari terjadinya letusan besar Gunung Gede yang berskala VEI-3 pada tahun 1853 yang telah memporakporandakan Cianjur.

Pesona Wisata Cianjur

Daerah Cianjur memiliki sejuta pesona wisata, berupa warisan alam dan warisan budaya, serta wisata kekinian, baik yang berkelas nasional maupun internasional.

Di antaranya dapat disebutkan: TNGGP–Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango (Cipanas), Wisata Hutan Kota (Cianjur), Kebun Raya Cibodas (Cipanas), Taman Bunga Nusantara (Sukaresmi), Kebun Teh (Sukanagara), Bukit Cihea (Haurwangi), Pasir Sumbul Ciloto (Cipanas), Wisata Jangari (Mande), Pantai Jayanti (Cidaun), Pantai Lugina (Agrabinta), Pantai Cemara (Cidaun), Pantai Apra (Sindangbarang), Karangpotong (Sindangbarang), Curug Cibeureum (Cipanas), Curug Luhur (Cibinong), Curug Cikondang (Campaka), Curug Ciastana (Kadupandak), Curug Ceret (Naringgul), Curug Dadali (Kadupandak), Curug Citambur (Pasirkuda), Curug Ngebul (Pagelaran).

Kemudian ada Kampung Budaya Pandanwangi (Warungkondang), Situs Gunung Padang (Campaka), Situs Gunung Kasur (Pacet), Wisata Religi Cikundul (Cikalongkulon), Taman Kreatif Joglo (Cianjur), Little Venice Kota Bunga (Cipanas), Rafting Tubing (Naringgul), Sevillage (Cipanas), Canopy Trail (Ciwalen), The Jhon's Aquatic Resort (Cianjur), Alun-Alun Cianjur (Cianjur), Alun-Alun Suryakencana (Cipanas)

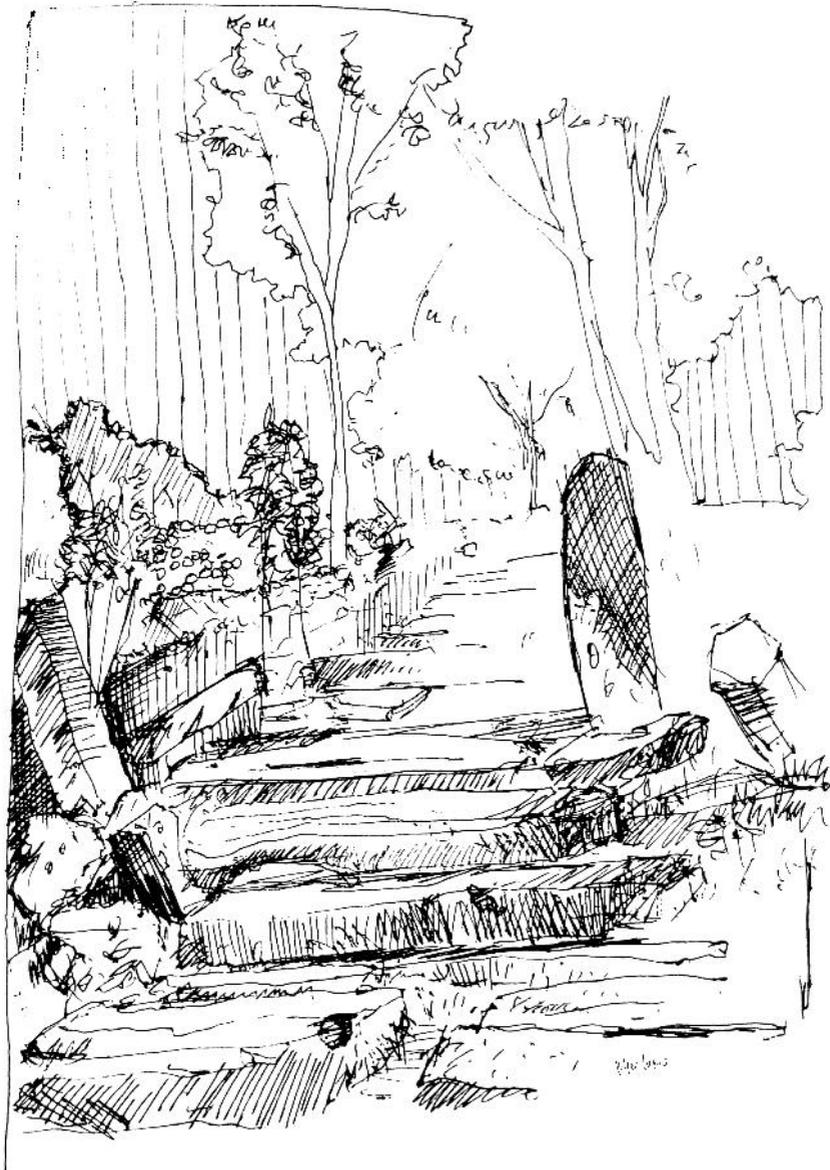
Situs Megalitikum Tertua di Dunia

Situs Gunung Padang termasuk lokasi bersejarah yang cukup terkenal di Kabupaten Cianjur. Situs ini merupakan warisan budaya Megalitikum terbesar di Asia, tepatnya di perbatasan Dusun Gunungpadang dan Panggulan, Desa Karyamukti, Kecamatan Campaka, Kabupaten Cianjur, dengan luas wilayah 900 meter persegi, terletak pada ketinggian 885 meter di atas permukaan laut dan areal situs sekitar 3 hektar, menjadikannya sebagai kompleks punden berundak terbesar di Asia Tenggara.

Usia mengenai situs ini masih menjadi kontroversial, karena ada yang menduga bahwa usianya lebih tua dari piramida Giza di Mesir. Salah satu keunikan dari situs tersebut adalah beberapa



Foto; Gunawan



bagian batunya bisa mengeluarkan bunyi-bunyian seperti alat musik, dengan ciri khas nada tertentu.

Terowongan Kereta Api Tertua di Indonesia

Terowongan Lampegan adalah jalur penghubung kereta api antara Sukabumi-Cianjur. Terowongan ini dibangun untuk menunjang perekonomian pemerintah Hindia Belanda di Jawa Barat. Terowongan ini dibangun di Desa Cibokor pada tahun 1879-1882, berlokasi di pasir Gunung Keneng, Cianjur, dengan panjang 686 meter dan membelah perbukitan di kawasan Desa Cimenteng, Kecamatan Campaka, Kabupaten Cianjur. Sampai saat ini, Lampegan menjadi terowongan kereta api tertua di Indonesia.



Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango (TNGGP)

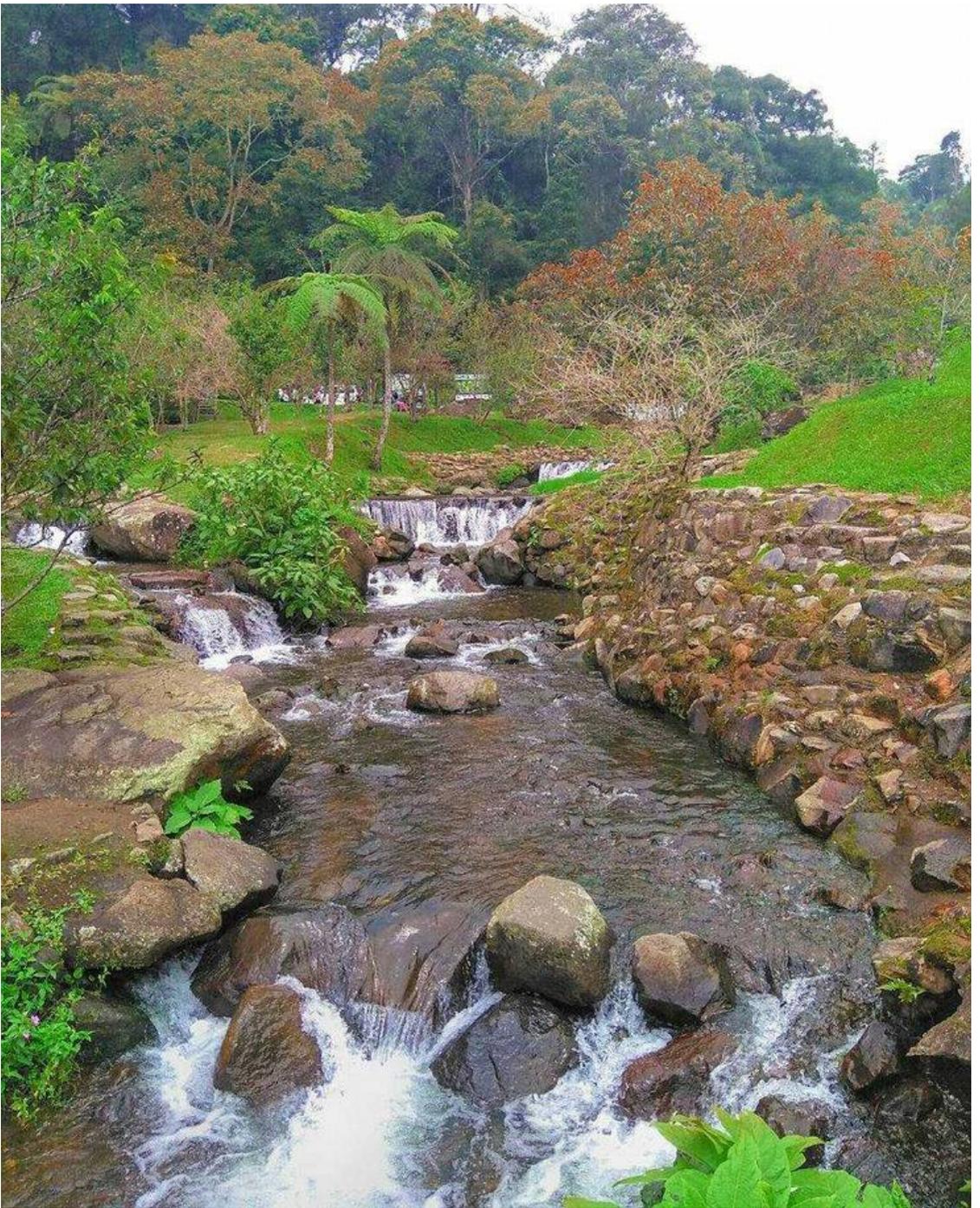
Salah satu dari 55 taman nasional di Indonesia yang berada di wilayah Jawa Barat dan ditetapkan pada tahun 1980, merupakan salah satu taman nasional yang tertua di Indonesia. TNGGP memiliki keanekaragaman flora dan fauna dengan luas 24.270,80 hektar (242,708 km²) dengan ketinggian Gunung Gede 2.958 mdpl dan Gunung Pangrango 3.019 mdpl. Terdapat beberapa kawah, yaitu Kawah Ratu, Kawah Wadon, Kawah Lanang dan Kawah Baru. Beberapa jenis flora dan fauna di TNGGP termasuk langka dan hanya ditemukan di sana alias endemik. Tercatat ada 870 jenis tumbuhan berbunga dan 150 jenis paku-pakuan yang dilindungi di kawasan ini.



<https://id.pinterest.com/pin/733734964304094480/>

Kebun Raya Cibodas

Kebun Raya Cibodas (*Cibodas Botanical Garden*) terletak di kompleks hutan Gunung Gede dan Gunung Pangrango, Desa Cimacan, Kecamatan Cipanas, Kabupaten Cianjur dengan luas



<https://id.pinterest.com/pin/893964594765718029/>

8.499 hektar (84,99 km²) berada di ketinggian 1.300 sampai dengan 1.425 meter di atas permukaan laut.

Kebun Raya Cibodas didirikan pada 11 April 1852 oleh seorang ahli Botani Belanda, Johannes Elias Teijsmann, dengan nama Bergtuin te Tjibodas (Kebun Pegunungan Cibodas) sebagai cabang dari Kebun Raya Bogor, memiliki koleksi berbagai jenis tumbuhan yang berasal dari Indonesia dan negara-negara lain. Kebun raya ini merupakan salah satu dari 237 cagar alam yang terdapat di Indonesia, memiliki 1.004 spesimen tanaman kaktus yang berusia lebih dari 100 tahun. Pengunjung juga bisa menemukan aneka jenis bunga anggrek, paku-pakuan dan lumut, berbagai tanaman sukulen, tumbuhan memanjat (liana), hingga beragam tanaman obat, termasuk pohon kina.

Istana Presiden Cipanas

Istana Kepresidenan Cipanas terletak di jalur Jalan Raya Jakarta – Bandung arah Puncak, tepatnya di Desa Cipanas, Kecamatan Pacet, Kabupaten Cianjur, di kaki Gunung Gede dengan ketinggian 1.100 meter di atas permukaan laut.

Dibangun oleh seorang tuan tanah Belanda yang juga arsitek bernama Van Hoets pada tahun 1740, tepatnya pada awal pemerintahan Gubernur Jenderal Gustaaf Willem Baron Van Imhoff (1742) dan dijadikan sebagai tempat peristirahatan Gubernur Jenderal Hindia Belanda. Dibangun di atas



<https://id.pinterest.com/pin/413064597043197301/>

areal lebih kurang 26 hektar dengan luas bangunan sekitar 7.760 meter persegi. Di dalam sekitar istana terdapat suatu bangunan yang dapat dikunjungi yaitu Gedung Bentol yang dulunya pernah dipakai Presiden Soekarno menyusun naskah kemerdekaan RI.

Taman Bunga Nusantara

Taman Bunga ini dirintis pada tahun 1992-1993 dengan luas 35 hektar yang terletak di dekat Gunung Gede–Pangrango dan Kebun teh Bogor, tepatnya berada di antara dua desa yaitu Desa Kawungluwuk, Kecamatan Sukaresmi, Cianjur dan Desa Sukawangi, Kecamatan Sukamakmur, Jonggol. Dipilihnya lokasi tersebut karena beriklim tropis dengan ketinggian 750 meter di atas permukaan laut sehingga benar-benar nyaman, sejuk dan cocok bagi kehidupan berbagai jenis bunga dari berbagai negara di Asia, Amerika, Afrika, Australia dan Eropa, terutama yang dibudidayakan adalah tanaman angrek. Diperkirakan ada sekitar 2.000 jenis angrek yang dirawat di tempat ini. Taman Bunga Nusantara ini merupakan taman display bunga pertama di Indonesia yang dibangun sebagai aset wisata berbasis agrowisata berskala nasional dan internasional yang diresmikan oleh Ibu Tien Soeharto pada 10 September 1995.



https://bafageh.com/uploads/images/blog/382631_tumb.png

Perkebunan Teh Kawasan Puncak

Kawasan Puncak terletak di antara kaki dan lereng Gunung Gede-Pangrango di sebelah Selatan dan Pegunungan Jonggol di sebelah Utara, di perbatasan Kabupaten Cianjur dan Kabupaten Bogor, merupakan tempat peristirahatan dan wisata pegunungan yang menarik bagi wisatawan. Pemandangan alam yang indah dengan latar belakang kebun teh Pasir Nangka di Sukanagara, Cianjur, dapat dinikmati di Kawasan Puncak yang merupakan daerah agrowisata yang indah, sejuk dan nyaman yang sewaktu-waktu diselubungi kabut. Cocok untuk kegiatan 'tea walk' dan terbang layang. Di Kawasan Puncak ini selain perkebunan teh, juga terdapat berbagai tempat wisata menarik yaitu Taman Safari Indonesia, Taman Bunga Nusantara, Kebun Raya Cibodas, Telaga Warna dan Taman Wisata Matahari.



https://asset.inilahkoran.id/uploads/images/2022/08/image_750x_62ee61e691790.jpg

Pusat Wisata Belanja

Sepanjang jalur Puncak-Cianjur terdapat banyak tempat belanja, tempat makan dan oleh-oleh serta tempat menginap. Tempat belanja berupa mall, *factory outlet*, toko souvenir dan kios-kios yang menjual aneka buah-buahan dan sayur mayur segar atau yang sudah menjadi manisan Cianjur, restoran yang menyajikan beraneka ragam makanan khas, serta penginapan berupa hotel berbintang maupun kelas Melati.

*Bekerja di Pusat Survei Geologi (PSG)

Tataan Geologi Cianjur

Oleh: S.R. Sinung Baskoro*

Kabupaten Cianjur secara geografis terletak pada koordinat $106^{\circ}42'$ - $107^{\circ}25'$ Bujur Timur dan $6^{\circ}21'$ - $7^{\circ}25'$ Lintang Selatan, dengan ketinggian 7–2.962 mdpl dengan kemiringan lahan 0 – 40 %. Batas-batas wilayah Kabupaten Cianjur meliputi: sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Bogor dan Kabupaten Purwakarta; sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Purwakarta, Kabupaten Bandung, Kabupaten Bandung Barat dan Kabupaten Garut; sebelah selatan berbatasan dengan Samudra Hindia; sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Sukabumi dan Kabupaten Bogor.

Kabupaten Cianjur terletak di kaki Gunung Gede dengan ketinggian sekitar 450 mdpl dan terendah sekitar 7 mdpl. Kabupaten ini merupakan salah satu daerah terluas di Jawa Barat dengan luas wilayah 3.840,16 km². Daerah Cianjur beriklim tropis, dengan pengaruh angin yang sangat besar, sehingga terdapat pergantian musim, yakni musim kemarau dan musim penghujan, curah hujan per tahunnya rata-rata berkisar antara 2.500–4000 milimeter dengan jumlah hari hujan 150 hari per tahun. Adapun suhu udaranya berkisar antara 15 derajat Celsius. Suhu terendah terdapat di bagian utara dan suhu tertinggi di bagian selatan.

Secara umum daerah Cianjur merupakan daerah ancaman bahaya longsor dan gempa bumi, hal ini terutama dirasakan masyarakat setiap menghadapi musim penghujan pada bulan Oktober, November, dan Desember. Namun, dengan alamnya yang indah dan sejuknya udara, Cianjur merupakan bagian dari jalur terkenal Bogor – Puncak – Cianjur - Bandung, salah satu daerah wisata di Jawa Barat yang sangat diminati, di antaranya Istana Cipanas, Kebun Raya Cibodas, Gunung Padang, Pantai Jayanti, Palalangan Cugenang, Mandala Kitri, Gunung Mananggal, Warung Kondang, dan lain-lainnya.

Geomorfologi Cianjur

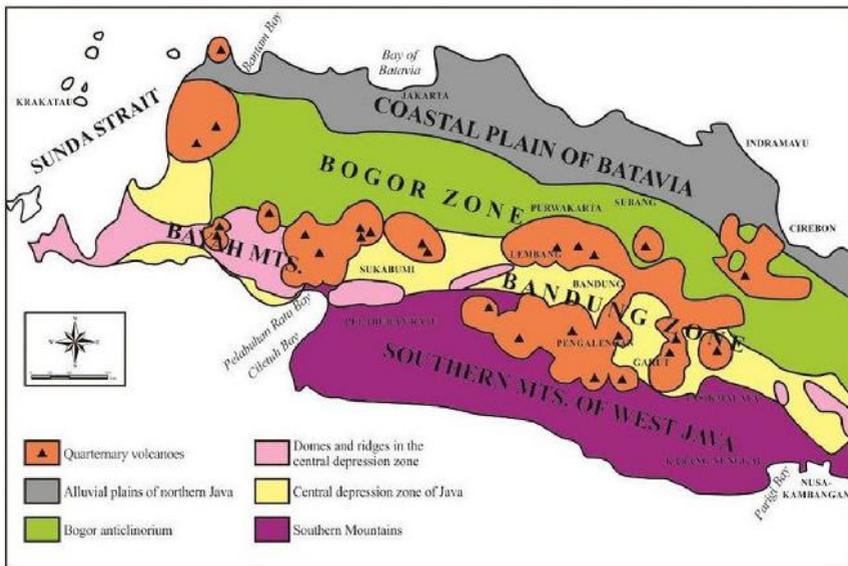
Kabupaten Cianjur memiliki beragam bentuk geomorfologi, karena terletak pada wilayah pegunungan dan dataran tinggi.

Berikut ini beberapa ciri utama geomorfologi Kabupaten Cianjur: sebagian besar wilayah Kabupaten Cianjur berupa pegunungan yang melintang yang termasuk dalam zona Pegunungan Selatan Jawa Barat. Selain pegunungan terdapat dataran tinggi yang meluas di beberapa wilayah Kabupaten Cianjur. Dataran tinggi ini sering digunakan sebagai lahan pertanian dan pemukiman. Wilayah Cianjur dilalui berbagai Sungai dan aliran air, termasuk Sungai Citarum yang besar. Aliran air membentuk Lembah-lembah dan cekungan yang penting untuk kehidupan dan pertanian. Ada beberapa danau di Kabupaten Cianjur, seperti Danau Selatan dan Danau Buyan. Cianjur juga memiliki berbagai lembah dan cekungan yang sering digunakan untuk pertanian seperti sawah dan kebun.

Secara umum bentang alam (morfologi) daerah Cianjur dapat dikelompokkan ke dalam satuan morfologi dataran yang dikelilingi oleh perbukitan terjal yang dikenal dengan dataran Cianjur dengan kemiringan 4%. Ditinjau dari segi topografinya wilayah Cianjur Kota terletak pada ketinggian 350–575 mdpl. Dari segi topografi dan morfologi, daerah yang difungsikan sebagai lahan pemukiman di Cianjur secara umum merupakan lahan dengan kontur tanah yang relatif datar, akan tetapi dilihat dari bentuk permukaan lahannya di samping terdapat dataran yang rata, terdapat pula kawasan yang bergelombang dan berbukit, dikarenakan sebagian desa-desa terletak di kaki Gunung Gede.

Fisiografi Cianjur

Van Bemmelen (1949) membagi fisiografi Jawa bagian Barat menjadi beberapa zona berturut-turut dari utara ke selatan, yaitu: Zona Dataran Pantai Jakarta (*Alluvial Plains of Northern Java*), Zona Bogor (*Bogor Anticlinorium*), Zona Bandung (*Central Depression Zone of Java*), dan Zona Pegunungan Selatan (*Southern Mountains*). Sedangkan Zona Gunungapi Kuartar (*Quaternary Volcanoes*) muncul tersebar di Zona Bogor, Zona Bandung dan Zona Pegunungan Selatan. Selain itu ada Kubah dan Pegunungan yang muncul di beberapa tempat pada Zona Depresi Tengah (*Domes and Ridges in the Central Depression Zone*).



Peta Fisiografi Jawa Barat (Van Bemmelen, 1949)

Berdasarkan Peta Fisiografi Jawa Barat (Van Bemmelen, 1949) di atas, wilayah Kabupaten Cianjur termasuk ke dalam 3 (tiga) Zona Fisiografi dari Utara ke Selatan, yaitu sebagian kecil Zona Bogor yang ditempati oleh sebagian kaki dan lembah G. Sanggabuana, Zona Bandung (Zona Depresi Tengah Jawa Barat) yang ditempati oleh Dataran Cianjur dan beberapa Gunungapi Kuarter di sebelah utaranya seperti G. Gede, G. Pangrango, G. Beser dan G. Megamendung, sedangkan di bagian timur berbatasan langsung dengan Waduk Cirata dan Waduk Saguling, serta Zona Pegunungan Selatan Jawa Barat yang didominasi oleh rangkaian Pegunungan Selatan dan beberapa Gunungapi Kuarter di sebelah timur lautnya seperti G. Kendeng, G. Tikukur, G. Patuha, G. Puncak Manggu, G. Singkup dan G. Pasirpogor

Stratigrafi Cianjur

Secara stratigrafi Kabupaten Cianjur tersusun oleh formasi batuan berumur Oligosen Akhir (sekitar 33 – 23 juta tahun yang lalu), hingga batuan yang berumur Kuarter (sekitar 2,5 juta tahun yang lalu hingga sekarang).

Berdasarkan referensi *Peta Geologi Lembar Cianjur, Skala 100.000 (Sudjatmiko, 2003)*, *Peta Geologi Lembar Sindangbarang & Bandarwaru, Skala 100.000 (M. Koesmono, Kusnama, N. Suwarna, 1996)* dan sebagian *Peta Geologi Lembar Jampang & Balekambang (Rab Sukamto, 1975)* bahwa formasi batuan tertua yang tersingkap di Kabupaten Cianjur adalah Formasi Jampang (Tomj) yang diduga menjemari dengan Formasi Rajamandala (Tomr) dengan umur Oligosen Akhir (sekitar 33 – 23 juta tahun yang lalu). Anggota Formasi Rajamandala juga sedikit tersingkap di Cianjur bagian Utara sebelah Tenggara, bersama dengan Formasi Citarum (Tmts) yang berumur lebih muda. Formasi yang lebih muda yaitu Formasi Jatiluhur (Tmj) dan Formasi Cantayan (Tmcc), sedikit tersingkap di Cianjur bagian Utara sebelah Timur Laut.

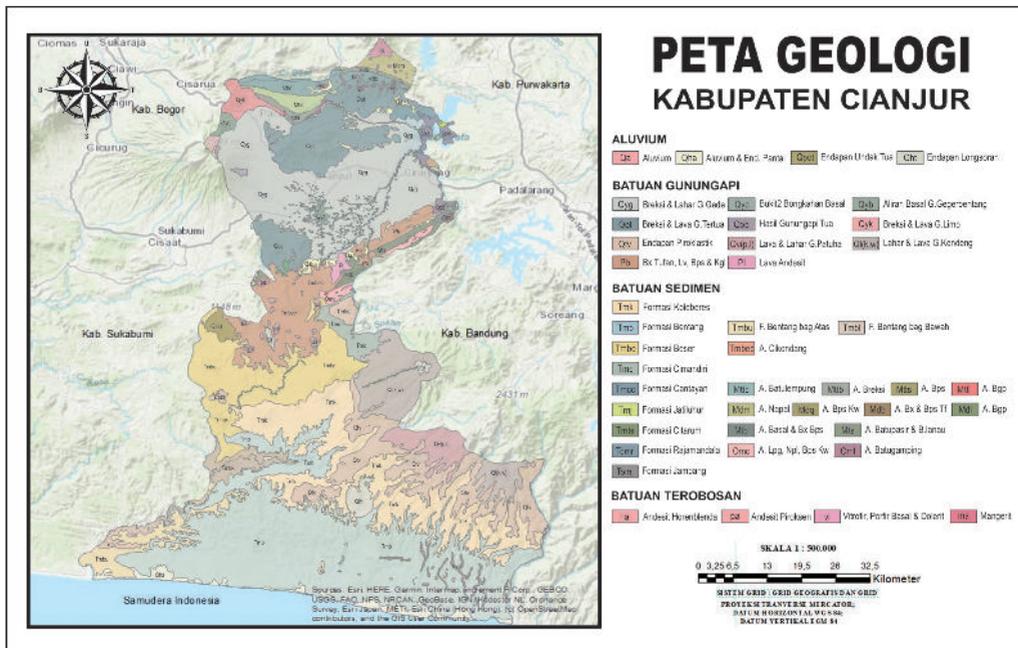
Sedangkan formasi batuan yang lebih muda tersingkap di Cianjur bagian Selatan berdasarkan *Peta Geologi Lembar Sindangbarang dan Bandarwaru Skala 100.000 (M. Koesmono, Kusnama & N. Suwarna, 1996)* dan sebagian *Peta Geologi Lembar Jampang dan Balekambang Skala 100.000 (Rab Sukamto, 1975)*. Formasi Cimandiri (Tmc) tersingkap di Cianjur bagian Selatan sebelah Timur Laut bersama dengan Formasi Beser (Tmbe) yang berumur lebih muda, namun Formasi Beser ini tersingkap cukup luas dari Timur hingga Barat. Formasi Bentang (Tmb) yang berumur lebih muda tersingkap luas di Cianjur bagian Selatan di sepanjang Pantai Selatan, kemudian di sebelah Utaranya tersingkap Formasi Koleberes (Tmk) yang cukup luas.

Kemudian pada zaman Kuartar, aktivitas vulkanik melahirkan gunungapi-gunungapi yang terdapat di Cianjur bagian Utara maupun Cianjur bagian Selatan.

Pada Cianjur bagian Utara terdapat G. Gede dan G. Beser serta produk vulkanik berupa breksi dan lahar dari G. Gede (Qyg), breksi dan lava hasil gunungapi tertua (Qot) serta breksi dan lava G. Limo (Qyk), sedangkan pada Cianjur bagian Selatan terdapat G. Kendeng, G. Tikukur, G. Patuha, G. Puncakmangu, G. Singkup dan G. Pasirpogor serta produk vulkanik berupa endapan piroklastik yang tak terpisahkan (QTV), lahar dan lava G. Patuha (Qv) serta lahar dan lava G. Kendeng (Ql).

Dijumpai setempat-setempat batuan terobosan yang tersebar di Cianjur bagian Utara maupun Selatan dengan umur Miosen dan Pliosen.

Endapan batuan termuda yang berumur Kuartar tersingkap setempat-setempat, berupa endapan alluvium (Qa) yang terdapat di sempadan sungai serta endapan pantai (Qha) yang terdapat di sepanjang Pantai Selatan



Peta Geologi Kabupaten Cianjur (Sinung Baskoro & Yudhistiro Cahyadi, 2023)

Berikut penjelasan dari masing-masing Formasi Batuan yang terdapat di Kabupaten Cianjur mulai dari yang berumur paling tua hingga yang berumur paling muda.

1. Formasi Jampang (Tomj)

Formasi ini tersusun oleh breksi andesit yang tersemen baik yang tersingkap di sepanjang lembah-lembah sungai yang mengalami erosi sangat dalam, tersingkap setempat-setempat

di bagian Tenggara Peta Geologi Kabupaten Cianjur, seperti di S. Cipandak, S. Cidaun, S. Cimaragang dan S. Cilayu. Bagian dasar dari formasi ini tidak tersingkap.

Sedangkan di Cianjur bagian Tengah, Formasi Jampang tersingkap setempat-setempat sebagai breksi tufan bersifat gampingan dengan komposisi andesit dan dasit. Mengandung lapisan-lapisan tipis batupasir tufan dan batulempung yang berwarna hijau karena kandungan Klorit serta batupasir gampingan, napal, serpih dan tuf pasiran yang berwarna putih.

Formasi Jampang ini sering disebut sebagai Formasi Andesit Tua (*Old Andesite Formation/OAF*) karena terbentuk oleh material batuan andesit tua dan padat berwarna abu-abu hingga coklat dengan tekstur kasar yang merupakan hasil aktivitas vulkanik yang signifikan di masa lalu.

Formasi Jampang dan Formasi Citarum dianggap merupakan satu sistem kipas laut dalam, dimana Formasi Jampang adalah bagian kipas dalam sedangkan Formasi Citarum merupakan bagian kipas luar. Ciri-ciri batumannya merupakan endapan aliran gravitasi seperti lava dan kadang-kadang memperlihatkan struktur bantal.

Batuan andesit Formasi Jampang ini memiliki sifat yang kokoh dan tahan lama sehingga sering dimanfaatkan dalam berbagai proyek konstruksi termasuk bangunan dan jalan.

2. Formasi Rajamandala (Tomr)

Menurut *Peta Geologi Lembar Cianjur Skala 100.000* (Sudjatmiko, 2003), Formasi Rajamandala terdiri atas 2 Anggota yaitu Anggota Batugamping (Oml) dan Anggota Lempung, Napal dan Batupasir Kuarsa (Omc) yang tersingkap di Cianjur bagian Tengah membentuk perbukitan/punggungan Rajamandala (*Rajamandala Ridge*) dengan ketinggian antara 700-900 meter di atas permukaan laut yang memanjang dengan arah timurlaut–baratdaya dari daerah Tagogapu, utara Padalarang sampai daerah Saguling, selatan Rajamandala.

Anggota Batugamping yang membentuk perbukitan tersebut tersusun oleh batugamping pejal sampai batugamping berlapis, berwarna putih terang kecoklatan berupa batugamping koral

(*coralline limestones*) serta dijumpai fosil foraminifera besar yang berlimpah. Tebal lapisan batugamping ini sekitar 9 meter. Ketebalan formasi ini berkisar antara 0-200 meter. Fauna dalam batugamping berumur *Aquitanian*. Pada bagian bawah formasi ini terdapat napal pasiran yang banyak mengandung konkresi lempung. Lapisan ini terendapkan secara jari jemari dengan Anggota Lempung, Napal dan Batupasir Kuarsa yang tersusun oleh lempung abu-abu tua sampai hitam, lempung napalan, napal globigerina, batupasir kuarsa dan konglomerat kerakal kuarsa dengan lembar-lembar mika, jalur-jalur batubara dan ambar, serta mengandung fosil *Camerina fichteli-intermedia*.

Lokasi tipe formasi ini berada di Gunung Masigit, dekat Rajamandala, serta penyebarannya terbatas dekat lokasi tipenya. Nama lainnya dalam literatur adalah: Masigit *Limestone* (van Bemmelen, 1949, pp. 109, 639); Tagogapu Beds; Tagogapoe Lagen atau Tagogapu *Limestone* (Leupold dan van der Klerk, 1931, pp. 639). Di daerah ini, Formasi Rajamandala tersingkap di atas Formasi Citarum yang berumur lebih muda (persentuhan sesar). Singkapan di daerah ini dapat diamati pada perbukitan Rajamandala sejajar jalan raya.

Batas formasi ini selaras dan berangsur ke arah bawah menjadi batupasir kuarsa bersemen karbonat dan batulempung tergerus kuat yang merupakan satuan Formasi Batuasih. Lapisan batulempung napalan dan batupasir kuarsa bersemen karbonat selaras di atas napal (marls) yang mengandung fosil Globigerina, dan graywacke dengan perselingan batuan sedimen laut. Singkapan batas formasi yang selaras dan berangsur menjadi batupasir kuarsa dan batulempung

Batugamping Formasi Rajamandala yang tersingkap di daerah Padalarang terbentuk sebagai barrier reef pada umur Oligosen Akhir- Miosen Awal. Terdapat 5 fasies karbonat pembentuk satuan ini (1) *Planktonic Packstone - Wackestone*, (2) *Fasies Lepidocyclina Packstone* (3) *Fasies Rudstone*, (4) *Fasies Boundstone* dan (5) *Fasies Milliolid Packstone*. Rekontruksi hubungan sebaran fasies menunjukkan lereng depan terumbu berada di bagian Utara sedang bagian belakang terumbu terdapat di Selatan. Diagenesa

yang teramati pada Batugamping Formasi Rajamandala adalah sementasi, mikritisasi, pelarutan, dan kompaksi. Diagenesa terjadi mulai dari lingkungan marine sampai burial.

Fosil yang ditemukan dalam formasi ini adalah: *Globigerina*; *Camerina fichteli-intermedia*. Umur Formasi Rajamandala adalah Oligosen Akhir - Miosen Awal. Lingkungan pengendapannya adalah laut dangkal (Epi-Neritik, kedalaman 100-200 meter), dan merupakan terumbu karang.

3. Formasi Citarum (Tmts)

Formasi ini umumnya terdiri atas *greywacke* yang berselang-seling dengan batulanau atau batulempung tufaan serta konglomerat dan breksi vulkanik pada bagian bawahnya. Fragmen batugamping dan batulempung dapat dijumpai dalam lapisan breksi, konglomerat, dan *graywacke*. Lapisan-lapisan *greywacke* berwarna hijau kelabu, pada bagian dasarnya terdapat sedikit fragmen batugamping dengan fosil foraminifera besar dan fragmen batulempung berdiameter sekitar 25 cm. Lapisan-lapisan batupasir ini kaya campuran tufa dan fragmen batulempung. Ketebalan lapisan-lapisan *greywacke* dapat mencapai 25 meter. Tebal singkapan formasi di daerah ini sekitar 850 meter. Formasi ini tertutupi secara tidak selaras oleh Formasi Saguling

Di daerah Kabupaten Cianjur, Formasi Citarum bersentuhan secara struktur dengan Formasi Rajamandala yang berumur lebih tua dengan arah timurlaut-baratdaya. Singkapan persentuhan sesar dapat diamati pada perbukitan Rajamandala sejajar jalan raya (Lokasi tipe singkapan di Citatah). Batas selaras formasi ini di atas Formasi Rajamandala kemungkinan dapat dijumpai ke arah barat daerah ini.

Dalam *Peta Geologi Lembar Cianjur Skala 100.000* (Sudjatmiko, 2003), Formasi Citarum terdiri dari 2 Anggota, yaitu Anggota Basal dan Breksi Batupasir (Mtb) dengan ketebalan sekitar 800 meter yang tersusun oleh breksi polimik (dengan komponen-komponen bersifat basal, andesit dan batugamping), konglomerat, batupasir dan batulanau dengan kristal-kristal horeblendanya yang terdapat di banyak tempat. Serta Anggota Batupasir dan Batulanau (Mts)

dengan ketebalan sekitar 1.200 meter yang tersusun oleh batupasir berlapis sempurna berselingan dengan batulanau, abtulempung, grewak dan breksi, menunjukkan siat khas turbidit. Struktur sedimen seperti perlapisan bersusun “convolute lamination”, “current ripple lamination” tapak-tapak cacing, dan lain-lain terlihat berlimpah.

Lokasi tipenya di Lembah S. Citarum, pada S. Cinongnang. Formasi terdiri atas *graywacke*. Tebal formasi mencapai 1,372 meter. Nama lainnya dalam literatur adalah: Tjitarum Beds (van Bemmelen, 1949, pp. 639); Tjitarum Sandstein (Martin; 1887; pp. 369-370). Fosil diagnostik yang dijumpai adalah *Miogypsina thecidaeformis* RUTTEN, *Lepidocyclina cf. angulosa* PROVALE, *Eulepidina sp.*, *Cycloclypeus sp.*, *Lepidocyclina epipioides*.

4. Formasi Jatiluhur (Tmj)

Formasi Jatiluhur (Tmj) terdiri atas batulempung dengan sisipan batupasir gampingan, berlapis baik dan pada umumnya melapuk menengah. Batulempung berwarna abu-abu kebiruan, agak padu dan agak keras, setempat menyerpih dan mudah hancur, tebal lapisan antara 0,50-2,00 m, hasil uji kuat tekan di lapangan memakai Schmidt Hammer (UCS lapangan) di beberapa lokasi antara 100-250 kg/cm². Sedangkan batupasir gampingan, berwarna kelabu muda, pasir berbutir halus-kasar, membundar tanggung, agak padu, agak keras, tebal lapisan antara 0,20-0,50 m. Tanah pelapukan umumnya berupa lanau lempungan, abu-abu kecoklatan, mengandung pecahan batulempung, lunak, plastisitas tinggi. Tebal rata-rata 1,50 m, dibeberap tempat nilai penetrometer saku (qu) antara 1,00-2,25 kg/cm². Formasi Jatiluhur ini mencirikan lingkungan pengendapan laut dangkal.

Dalam *Peta Geologi Lembar Cianjur Skala 100.000* (Sudjatmiko, 2003), Formasi Jatiluhur ini terdiri atas 4 Anggota, yaitu Anggota Napal dan Batupasir Kuarsa (Mdm) tersusun oleh napal abu-abu tua, batulempung napalan, dan serpih lempungan dengan sisipan-sisipan batupasir kuarsa, kuarsit, dan batugamping napalan. Anggota Batugamping (Mdl) berupa sisipan-sisipan tipis batugamping terumbu pejal yang mengandung fosil foraminifera

besar, moluska, ekinodermata, dan lain-lain. Anggota Batupasir Kuarsa (Mdq) membentuk lapisan-lapisan batupasir tipis sampai tebal dengan jalur-jalur tipis batubara dan lembar-lembar tipis mika/muskovit dengan lensa-lensa batugamping, pada beberapa tempat terdapat lapisan-lapisan kuarsit yg berwarna abu-abu muda. Anggota Basal dan Breksi Tufan (Mdb) berupa aliran lava bersifat basal tertutup breksi tufan, bahan-bahan tufan yang lebih halus dan batulempung yang tersingkap di sekitar Sodong, sisi barat Waduk Jatiluhur.

Namun yang tersingkap di Peta Geologi Kabupaten Cianjur hanya Anggota Napal dan Batupasir Kuarsa (Mdm) di bagian paling utara peta di kaki selatan G. Sanggabuana.

5. Formasi Cantayan (Tmcc)

Dalam *Peta Geologi Lembar Cianjur Skala 100.000* (Sudjatkiko, 2003), Formasi Cantayan ini dibagi menjadi 4 Anggota yaitu Anggota Batulempung (Mttc) dengan tebal berkisar 0 - 2.200 meter yang tersusun oleh batulempung, serpih tufan mengandung belerang, lignit dan konkresi-konkresi batulempung, serta sisipan-sisipan batugamping. Anggota Batugamping (Mttl) dengan tebal berkisar 0-60 meter berupa Batugamping koral yang tersingkap di selatan Waduk Jatiluhur dengan penyebaran berupa lensa-lensa di dalam Anggota Batulempung (Mttc). Anggota Batupasir (Mtts) dengan tebal berkisar 0 – 2.700 meter tersusun oleh batupasir kotor berlapis baik, serpih pasiran, lempung serpihan, breksi laut dan konglomerat. Anggota Breksi (Mttb) dengan tebal berkisar 0 – 1.700 meter tersusun oleh breksi polimik yang mengandung komponen-komponen bersifat basal andesit, dan batugamping koral, bersisipan batupasir andesit pada bagian atas. Di beberapa tempat mengandung batuan-batuan bersifat intrusif andesit.

Formasi ini terbentuk melalui proses deposisi endapan batugamping yang terutama terdiri dari fragmen-fragmen koral. Batugamping koral biasanya mengandung fragmen-fragmen organisme karang yang telah mati serta endapan mineral kalsium karbonat yang terbentuk dari koral dan organisme laut lainnya.

6. Formasi Cimandiri (Tmc)

Di bagian barat, Formasi Cimandiri terletak secara tidak selaras di atas Formasi Lengkong dan juga tidak selaras di atas Formasi Rajamandala, sedangkan di bagian timur, Formasi Cimandiri terletak selaras di atas Formasi Jampang (Sukamto 1975).

Formasi Cimandiri (Tmc) tersusun oleh perselingan batulempung dan batulanau abu-abu muda sampai menengah dan batupasir coklat kekuning-kuningan, setempat gampingan, meliputi endapan lahar yang tersusun dari tuf, breksi andesit dan breksi tuf. Globigerina, butir-butir damar yang lembut dan sisa-sisa tumbuhan terdapat jarang-jarang di dalam sisipan batulanau atau batupasir yang mengandung glokonit tersingkap di Lembah Cibodas (sebelah barat laut G. Kendeng). Lapisan-lapisan yang kaya akan moluska laut terdapat di Lembah Cilang dan menunjukkan umur Miosen Tengah dengan lingkungan pengendapan fluvial – peralihan. Struktur sedimen melensa dan flaser. Tebal satuan mencapai 400 meter. Formasi ini dinamakan Cimandiri mengikuti nama Sungai Cimandiri (Sukamto, 1975).

Formasi Cimandiri ini menurut Sukamto dibagi menjadi 3 satuan yaitu bagian utama Formasi Cimandiri, Anggota Nyalindung dan Anggota Bojonglopang. Namun di dalam *Peta Geologi Lembar Sindangbarang dan Bandarwaru Skala 100.000* (M. Koesmono, Kusnama & N. Suwarna, 1996), Anggota Bojonglopang dan Anggota Nyalindung telah dijadikan sebagai Formasi Bojonglopang (Tmbo) dan Formasi Nyalindung (Tmn). Namun keduanya tidak tersingkap atau tersingkap sangat kecil di Peta Geologi Kabupaten Cianjur.

7. Formasi Besar (Tmbe)

Formasi Besar terutama tersusun oleh breksi andesit, juga breksi tuf, tuf kristal dan batulempung. Ukuran maksimal fragmen breksi berdiameter lebih dari 1 meter. Matriksnya terdiri atas batupasir tuf dan tuf kristal pejal berwarna kelabu. Di Cukanggaleuh bagian dasar breksi itu dicirikan oleh adanya kandungan koral dan moluska. Batulempung berlapis kurang baik, berwarna kelabu gelap, berupa lensa- lensa. Lingkungan pengendapannya darat hingga laut dangkal. Formasi yang tebalnya sekitar 750 meter

ini berumur Miosen Akhir dan hubungan stratigrafinya di bagian bawah menjari dengan Formasi Koleberes dan di bagian atas menjemari dengan Formasi Bentang.

Selanjutnya secara tidak selaras di atas Formasi Cimandiri dan Formasi Jampang di tutupi oleh Formasi Besar, Sukamto (1975) membagi satuan batuan ini menjadi dua bagian yaitu bagian utama Formasi Besar dan Anggota Cikondang. Bagian utama Formasi Besar terdiri atas breksi vulkanik, breksi lahar, lapili tuf dan tuf berbatuapung dengan bersisipan batupasir tufan, batulempung tufan dan konglomerat. Anggota Cikondang berupa andesit yang terdapat di sekitar Cikondang dengan membentuk bukit-bukit kasar yang berbeda dengan topografi landai pada endapan undak tua di dekatnya. Setelah sedimen klastik yang membentuk Formasi Besar diendapkan, geantiklin Intra-Miosen tenggelam kembali di bawah permukaan laut. Di sebagian tempat sedimen pembentuk Formasi Besar selama masa transgresi awal, hal mana dapat terlihat dengan adanya peruabahan berangsur secara lateral sedimen yang kemudian merupakan bagian bawah (Sukamto, 1975).

Menurut *Peta Geologi Lembar Sindangbarang dan Bandarwaru Skala 100.000* (M. Koesmono, Kusnama & N. Suwarna, 1996), Formasi Besar dibagi menjadi 2 Anggota yaitu Anggota Cikondang (Tmbec) yang tersusun oleh andesit piroksen berwarna kelabu menengah sampai gelap. Tersingkap baik di Cianjur bagian Tengah sebelah Barat, terutama di jurang curam dekat Cikondang. Satuan ini diberi nama sesuai nama Kampung Cikondang. Pemineralan emas dan tembaga dalam batuan sekeliling terdapat dekat Cikondang. Bongkah-bongkah urat-urat kuarsa tanpa pemineralan dan yaspis terdapat di dekat Ciayunan, sebelah timur G. Malang. Serta Anggota Batulempung (Tmbel) tersusun oleh batulempung berwarna kelabu gelap, berlapis kurang baik dan berupa lensa. Di Pasir Angin, moluska dijumpai melimpah, sedangkan di Cisujen sebelah Barat G. Buleud, ditemukan kepingan koral secara setempat.

8. Formasi Bentang (Tmb)

Formasi Bentang berupa runtunan turbidit yang disusun oleh batupasir tufan berlapis baik dan kurang mampat, tuf kristal dan tuf batuapung dengan sisipan lempung *Globigerina*, batulanau, batulempung napalan dan breksi andesit, konglomerat, tuf lapilli dan breksi tuf. Di lapisan atas didominasi oleh batulempung dan batulanau. Breksi batuapung tersusun oleh kepingan batuan berdiameter 5 cm. Batupasir hitam merupakan lapisan tipis yang terdapat di bagian selatan lembar peta. Struktur sedimen berupa perlapisan dan pembebanan. Moluska dan foraminifera kecil terdapat di banyak tempat dan *Balanus* ditemukan setempat. Brakiopoda berumur Neogen ditemukan di Sungai Cigoyeyeh, anak sungai dari Sungai Cisadea, 3 km sebelah barat - baratdaya Koleberes. Lapisan batubara setebal 20 cm tersingkap di utara Kadupandak.

Lensa batugamping berpori dan lapisan berfosil terdapat pada atau dekat kontak dengan Formasi Koleberes. Fosil yang dikumpulkan sepanjang Sungai Ciburial (Sutedjo, 1972) adalah sebagai berikut: *Lepidocyclina gigantea* (MARTIN), *Cycloclypeus guembelianus* (BRADY), *Cycloclypeus (Katacycloclypeus) sp.*, *Globigerina trilobus* (REUSS), *Globigerina bulloides*, *Orbulina univversa* D'ORBIGNY, *Orbulina bilobata* (D'ORBIGNY) dan menunjukkan umur Miosen Akhir dengan lingkungan pengendapan laut dangkal sampai laut dalam terbuka. Tebal formasi ini 300 meter dan menindih selaras Formasi Cimandiri.

Formasi Bentang yang menutupi Formasi Besar, oleh Van Bemmelen (1949) di bagi menjadi dua bagian yaitu Seri Bentang Bawah dan Seri Bentang Atas, Seri Bentang Bawah terdiri atas batupasir tufan dengan rombakan moluska laut yang berselingan dengan batupasir gampingan yang mengandung material karbonat dan lapisan tipis lignit. Selain itu dijumpai batugamping foraminifera dan batupasir napalan yang kaya akan fosil moluska. Seri Bentang atas terdiri atas tuf kristalin berbatuapung dan napal yang kaya *Globigerina*.

Menurut *Peta Geologi Lembar Jampang dan Balekambang Skala 100.000* (Rab Sukamto (1975) Formasi Bentang dibagi

menjadi Formasi Bentang bagian Bawah (Tmbl), Formasi Bentang bagian Atas (Tmbu), dan Lapisan Lempung Kadupandak (Tmbk). Sedimen pembentuk Formasi Bentang semula diendapkan dalam lingkungan darat, payau, litoral dan neritik pada Miosen Atas.

Menurut *Peta Geologi Lembar Sindangbarang dan Bandarwaru Skala 100.000* (M. Koesmono, Kusnama & N. Suwarna, 1996), Formasi Bentang memiliki 2 Anggota, yaitu Anggota Batugamping (Tmbl) yang tersusun oleh batugamping melensa, berpori dan mengandung fosil foraminifera. Berumur Miosen Akhir dengan lingkungan pengendapan laut dangkal terbuka. Serta Anggota Kadupandak (Tmbk) yang tersusun oleh batulempung kenyal, batulanau, dan batulempung tufan, umumnya berwarna kelabu sampai hitam, secara setempat kehitam-hitaman bersisipan dengan tuf batuapung, lapilli dan breksi andesit. Moluska, sisa tumbuhan dan lapisan tipis batubara muda terdapat di beberapa tempat. Tebal Anggota ini kira-kira 80 meter. Tersingkap baik di sekitar Desa Kadupandak dengan umur diduga Miosen Akhir.

9. Formasi Koleberes (Tmk)

Menurut *Peta Geologi Lembar Sindangbarang dan Bandarwaru Skala 100.000* (M. Koesmono, Kusnama & N. Suwarna, 1996), Formasi Koleberes tersusun oleh batupasir tuf berlapis baik, kurang mampat dan tuf kristal dengan sisipan tuf, breksi tuf batuapungan dan breksi bersusunan andesit. Batupasir berwarna kelabu kecoklatan, terutama terdiri atas batuan andesit dengan sejumlah batuapung. Batupasir hitam terdapat di dekat G. Gebeg dan di sebelah timur Citalahab. Bongkah-bongkah magnetit yang pejal terdapat di dua tempat dekat Koleberes. Sisa tumbuhan dan lapisan batubara setebal 1 meter terutama ditemukan di G. Gebeg. Butir-butir damar ditemukan di sebelah timur Pagelaran, di lembah Sungai Cilumut. Moluska, gastropoda, ekhinoida, koral dan foraminifera ditemukan terutama di lapisan-lapisan bagian atas satuan ini.

Fauna moluska dari Cigugur meliputi 44,3 persen dari bentuk-bentuk Resen (van Regteren Altena dan Beets, 1945). Kumpulan fosil foraminifera dari dekat lembah Cilumut terdiri dari

Globigerina nephentes (TODD), *Globigerinoides trilobus* (REUSS), *Globigerinoides immaturus* LEROY, *Globigerinoides obliquus* BOLLI, *Globigerinoides sacculifer* (BRADY), *Globigerinoides conglobatus* (BRADY), *Orbulina universa* D'ORBIGNY, *Hastigerina aequilateralis* (BRADY), *Pulleniatina primalis* BANNER & BLOW, *Globorotalia abesa* BOLLI, *Globorotalia menardii* (D'ORBIGNY) dan *Globorotalia tumida* (BRADY) menunjukkan umur Akhir Miosen sampai Pliosen (D. Kadar, 1971), sedangkan fosil foraminifera dari dekat Pasir Pari yang terdiri dari *Globigerinoides extermus* BOLLI & BERMUDEZ, *Globigerinoides obliquus* BOLLI, *Globigerinoides immaturus* LEROY, *Globigerinoides trilobus* (REUSS), *Globoquadrina* sp., *Globoquadrina altispira* (CUSHMAN & JARVIS), *Globorotalia menardii* (D'ORBIGNY), *Pulleniatina primalis* BANNER & BLOW, dan *Sphaerodinella seminulina* (SCHWAGER) menunjukkan umur Akhir Miosen (D. Kadar, 1972). Lingkungan pengendapan menunjukkan laut terbuka dengan tebal formasi kira-kira 350 meter.

Formasi Koleberes mempunyai hubungan stratigrafi menari dengan Formasi Besar, menindih selaras Formasi Bentang dan ditindih tidak selaras oleh Satuan Lahar dan Lava G. Kendeng.

Batuan Gunungapi

Batuan-batuan yang lebih muda berumur Kuartar di Zona Bogor dan Zona Bandung berupa batuan gunungapi/vulkanik yang terendapkan secara tidak selaras di atas Formasi Batuan termuda, demikian juga dengan batuan yang berumur Kuartar bersifat vulkanik yang terendapkan di Zona Pegunungan Selatan

Dalam Peta Geologi Kabupaten Cianjur di bagian Utara, terdapat dua kelompok batuan gunungapi Kuartar yang menjadi perhatian saat terjadinya Gempa Cianjur pada 21 Nopember 2022 yang lalu, karena struktur tanahnya memicu kerusakan parah di lokasi-lokasi gempa yang diikuti dengan tanah longsor. Seperti diketahui bahwa lokasi kerusakan dan longsor berada pada batuan Breksi dan Lahar dari G. Gede (Qyg) yang terdiri dari batupasir tufan, serpih tufan, breksi tufan dan aglomerat tufan yang membentuk Dataran Cianjur berumur Plistosen Atas yang berlokasi di Kecamatan Pacet, Cugenang, Cianjur dan Karang Tengah dengan ketebalan

100 meter. Pada Dataran Cianjur juga dijumpai Bukit-Bukit Kecil terutama Bongkahan Basal (Qyc) di banyak tempat yang terdiri dari bongkahan basal membentuk gugusan bukit-bukit kecil yang proses terbentuknya menyerupai gugusan bukit yang ada di Tasikmalaya (Junghuhn, Escher dalam Zen, 1969) yang dikenal dengan sebutan "The Thousand Hills" (Gunung Sarewu).

Sedangkan lokasi longsoran berada pada batuan Breksi dan Lava Hasil Gunungapi Tertua (Qot) yang terdiri dari breksi andesit piroksen bersisipan dengan lava andesit yang umumnya terpropilitasi membentuk daerah perbukitan luas terpisah yang dikelilingi oleh Breksi dan Lahar G. Gede (Qyg) serta membentuk perbukitan bergelombang dan mengapit aliran S. Cikundul. Batuan Qot tersebut menempati bagian Utara dan Tengah terutama di Kecamatan Pacet, Sukaresmi dan Cugenang. Perbukitan yang terbentuk dapat dijumpai sebagai G. Mananggal, G. Balukbuk dan Pasir Besar, juga G. Jampangmanggung dan G. Karung di Utara, serta di G. Kencana dan Pasir Gombong di Selatannya.

Kedua satuan Batuan, Qyg dan Qot, termasuk batuan lunak dan belum kompak/solid, sehingga saat terjadi gempa bumi menimbulkan efek guncangan yang cenderung lebih kuat, sedangkan struktur bangunannya sendiri tergolong kurang memenuhi standar gempa.

Dalam Peta Geologi Kabupaten Cianjur di bagian Selatan, terendapkan secara tidak selaras batuan gunungapi Kuarter, Endapan-endapan Piroklastik yang Tak Terpisahkan (QTV) di atas Formasi Koleberes (Tmk) yang terdiri dari breksi andesit, breksi tuf dan tuf lapilli. Di sisi timur G. Parang dijumpai batuan piroklastik yang melembar dan ignimbrite (Koesmono, 1975). Kayu terkarsikan dan yaspis terdapat dalam breksi tersebut.

Selanjutnya di atasnya pada Kala Plistosen terendapkan batuan gunungapi berupa Lahar dan Lava G. Kendeng (Ql(k,w)) yang terdiri dari aliran lava berselingan dengan endapan lahar berupa breksi andesit dan breksi tuf. Komponen menyudut hingga diameter 40 cm. Di atasnya lagi pada Kala Holosen terendapkan Lava dan Lahar G. Patuha (Qv(p,l)) yang terdiri dari lava dan lahar andesit piroksen yang pejal dan berongga dari G. Patuha. Pelembaran

atau pengekarannya melapis terdapat secara lokal di daerah Danau Patenggang, fenokris plagioklas yang panjangnya 1 cm biasa terlihat. Breksi lahar biasanya termampat baik, tapi kurang terpilah. Komponen berdiameter beberapa sentimeter hingga 3 meter, matriks tuf pasiran berwarna abu-abu.

Selain batuan gunungapi berumur Kuartar, dijumpai endapan batuan gunungapi berumur Pliosen berupa Breksi Tufan, Lava, Batupasir, Konglomerat (Pb) terdiri dari breksi bersifat andesit dan basal, lava, batupasir tufan dan konglomerat. Membentuk punggung-punggung tak teratur, puncak-puncaknya tersendiri terkadang curam. Di utara Rajamandala terdiri dari aliran basal berstruktur amigdaloidal, breksi aliran, breksi gunungapi, dan batupasir tufan keras, berlapis dengan sisa-sisa tanaman dan moluska. Di beberapa tempat, dijumpai breksi gunungapi dengan horeblendanya yang melimpah. Di bagian barat perbukitan Rajamandala, di sebelah Tenggara Cibeber, tersingkap Lava Andesit (Pl) yang merupakan bagian dari Pb namun dapat dipetakan secara terpisah.

Endapan Aluvium Dan Endapan Pantai

Di Cianjur bagian Utara, dijumpai Endapan Aluvium (Qa) dengan ketebalan mencapai 3 meter dijumpai di daerah lembah-lembah sungai besar, seperti S. Cimandiri, S. Cibeet, S. Cikundul, S. Cikundut, S. Cikondang, dan Lembah Sungai yang lain, yang terdiri dari lempung, lanau, pasir dan kerikil, terutama endapan sungai sekarang. Termasuk rombakan lereng di Utara dan di Selatan Dataran Cianjur.

Sedangkan di Cianjur bagian Selatan, di daerah sepanjang Pantai Selatan, dijumpai Aluvium dan Endapan Pantai (Qha) yang terdiri dari lempung, lanau, pasir dan kerikil yang menempati lembah-lembah sungai utama di sepanjang pantai selatan, setebal 5 meter, seperti di S. Cidamar, S. Cipandak, S. Cibuntu, S. Ciselang, dan S. Cisokan. Pasir dan gumuk pasir terdapat di daerah pantai, kerakal di daerah muara S. Cilayu dan endapan-endapan pantai yang kaya akan Moluska terbentuk di daerah pantai baratdaya. Magnetit dari pasir pantai mempunyai kandungan rata-rata Fe 57% dan TiO₂ 16% (Husin, 1971).

Batuan Terobosan

Di bagian Utara Peta Geologi Kabupaten Cianjur terdapat batuan terobosan besar yang membentuk G. Sanggabuana. Batuan terobosan ini merupakan satuan Andesit Horenblenda dan Porfir Diorit Horenblenda (ha) berupa intrusi-intrusi yang tersusun oleh plagioklas menengah dan horenblenda di sekitar G. Sanggabuana. Namun hanya sebagian kecil kaki Selatan G. Sanggabuana yang termasuk dalam wilayah Kabupaten Cianjur. Sedangkan di bagian Selatan G. Sanggabuana terlihat setempat-setempat singkapan batuan terobosan jenis lain yang tersebar dari barat ke timur, berupa Mangerit (ma) yaitu gabro berbutir halus mengandung olivin dalam jumlah agak banyak, biotit dan ortoklas, membentuk G. Balukbuk dan G. Solasih, serta Vitrofir, Porfir Basal dan Dolerit (vi) yang tersusun oleh vitrofir berwarna putih atau abu-abu muda, kemungkinan bersusunan andesit, tersingkap di sekitar G. Congkrang. Breksi magma dan tuf breksi berwarna muda yang bersusunan sama dengan vitrofirnya tersingkap di dekat G. Karung. Sedangkan porfir basal tersingkap di sekitar Pasir Buluh dan di sebelah baratnya. Diorit mikro dan dolerit yang hanya membentuk tubuh-tubuh kecil yang rombakkannya tersebar di lereng-lereng (Ludwig, 1933).

Di bagian Tengah Peta Geologi Kabupaten Cianjur sebelah Barat, batuan terobosan berupa Andesit Piroksen (pa) banyak dijumpai setempat-setempat dalam Formasi Besar, Anggota Cikondang (Tmbec) yang membentuk G. Malang, G. Sambilan, G. Butak, G. Melati, G. Kendeng, G. Buleud, dan beberapa tempat lain.

Sedangkan di bagian Selatan Peta Geologi Kabupaten Cianjur, batuan terobosan berupa Andesit Piroksen (pa) juga, dijumpai setempat-setempat dalam Formasi Bentang (Tmb) yang membentuk G. Batu, G. Tumpeng, dan beberapa tempat lain.

Batuan terobosan “pa” dan “ha” berumur Pliosen, sedangkan batuan terobosan “ma” dan “vi” berumur Oligosen.

Struktur Geologi Dan Tektonik Cianjur

Struktur geologi yang berkembang di daerah Cianjur berupa struktur lipatan dan struktur sesar/patahan. Struktur lipatan yang dijumpai berupa struktur antiklin/monoklin sedangkan

struktur patahan utama berupa sistem sesar mendatar Cimandiri. Keseluruhan struktur yang terdapat di Cianjur terbentuk dalam satu periode tektonik, yaitu pada kala Pliosen Awal hingga kala Plistosen.

Sesar/Patahan Aktif yang melintasi Kabupaten Cianjur di bagian Tengah dengan arah relatif baratdaya–timurlaut adalah jalur Sesar Nyalindung Cibeber dan Sesar Rajamandala yang merupakan kelanjutan dari Sesar Cimandiri, di bagian Selatan terdapat Sesar Jampang yang berarah relatif barat–timur, sedangkan di bagian batas timur Kabupaten Cianjur terdapat Sesar Jatiluhur yang relatif berarah utara–selatan.

Sistem sesar yang paling aktif di wilayah Cianjur adalah sistem Sesar Cimandiri yang memanjang dari Teluk Pelabuhan Ratu ke arah timur, menyambung dengan Sesar Nyalindung Cibeber, dan Sesar Rajamandala hingga Sesar Lembang yang ada di utara Bandung. Bahkan munculnya Sesar Cugenang yang teridentifikasi sebagai penyebab gempa berkekuatan 5,6 Magnitudo di Cianjur 21 Nopember 2022 lalu, sebagaimana dilaporkan oleh BMKG, diduga sebagai bagian dari sistem Sesar Cimandiri.

Banyaknya struktur di daerah ini dikarenakan batuan/litologi penyusun daerah ini sebagian besar adalah batuan sedimen, sehingga banyak mengalami gangguan struktur.

Pegunungan Selatan telah mengalami empat fase tektonik (Baumann, 1973), dimulai pada Kala Oligosen hingga Kuartar yang kerap bersamaan dengan aktivitas vulkanik yaitu:

1. Fase Tektonik Oligo–Miosen. Fase ini terjadi selama Oligosen hingga Miosen Bawah, menyebabkan terangkatnya cekungan Jawa. Satuan struktur yang dihasilkan adalah pembentukan struktur yang berarah barat – timur. Hasil denudasi akibat pengangkatan itu ditandai dengan adanya hubungan tidak selaras- Formasi Walat dengan Formasi Jampang. Dalam fase ini aktivitas vulkanik cukup kuat yang ditandai dengan banyaknya endapan material vulkanik.
2. Fase Tektonik Miosen Tengah merupakan fase tektonik kedua sejak awal Tersier. Pada fase ini bagian barat Jawa mengalami pengangkatan dan perlipatan yang selanjutnya diikuti dengan pembentukan sesar. Arah sumbu perlipatan menunjukkan

arah barat-timur dan sesar relatif menunjukkan arah utara-selatan. Struktur yang terjadi mempengaruhi seluruh endapan yang berumur Miosen Bawah. Diperkirakan terdapat suatu pembengkokan (*flexure*) pada Zona Cimandiri.

3. Fase Tektonik Plio-Plistosen. Fase tektonik ini merupakan kegiatan tektonik yang cukup besar dan terjadi pada kala Pliosen hingga Plistosen Bawah, merupakan penyebab terbentuknya beberapa sesar geser berarah timur laut – baratdaya yang memotong struktur yang telah ada
4. Fase Tektonik Kuartar. Fase ini bersamaan dengan kegiatan vulkanik yang sangat kuat dan merupakan penyebab dari struktur aktif yang ada sekarang di Pegunungan Selatan. Uliran (*Wrenches*) ordo pertama, kedua dan ketiga dapat di jumpai di Jawa. Lipatan pada umumnya mengikuti system lipatan primer yaitu hanya beberapa lipatan di sekitar Jakarta di anggap berasal dari seretan ordo kedua (*second order drag*). Berdasarkan pengukuran beratus-ratus arah jurus sesar di laut Jawa, Madura, dapat disimpulkan bahwa arah umum dari seluruh gaya yang bekerja adalah baratdaya-timurlaut. Secara tektonik daerah Jawa Barat merupakan bagian dari perkembangan cekungan sistem busur yang berawal dari cekungan muka busur pada Eosen Tengah, menjadi cekungan belakang busur pada Miosen Awal dan mengalami pendangkalan dengan membentuk daratan sampai sekarang (Martodjojo, 1984).

Wilayah Kabupaten Cianjur merupakan bagian dari tektonik barat Indonesia. Kawasan tektonik Indonesia bagian barat dipengaruhi oleh dua lempeng, yaitu Indo-Australa dan Eurasia, dengan ciri batas lempeng adalah Palung Jawa di selatan Jawa. Wilayah Kabupaten Cianjur memiliki potensi bahaya geologi yang perlu mendapat perhatian mulai dari kemungkinan tsunami di pantai selatan Jawa, hingga kemungkinan letusan gunung api (Gunung Gede) di wilayah utara. Sistem peringatan dini sangat diperlukan untuk mitigasi berbagai bencana geologi mengacu pada berbagai proyek atau kegiatan yang telah berkembang atau yang akan berkembang.

*Bekerja di Pusat Survei Geologi (PSG)

Kegunungapian di Sekitar Cianjur

Oleh. Kristianto dan M.N. Kartadinata*

“Kian pesatnya pemanfaatan wilayah sekitar Gunung Gede, terutama pemanfaatan wilayah pada Kawasan Rawan Bencana Gunungapi, seyogyanya perlu dilakukan kegiatan mitigasi bencana erupsi yang kian terencana dan terkoordinatif”.

Secara umum gunungapi di Indonesia terbentuk di zona subduksi, yaitu zona pertemuan antara lempeng samudra dan lempeng benua. Gunungapi yang terletak di zona subduksi atau tempat pertemuan dua lempeng yang selalu bergerak dan mendesak satu sama lain (zona konvergen) merupakan gunungapi paling aktif di dunia yang menghasilkan erupsi eksplosif. Wilayah sekitar zona subduksi juga merupakan wilayah yang memiliki variabilitas bentang alamnya memiliki keanekaragaman hayati, sumber daya melimpah dan tanah yang subur, sehingga banyak penduduk yang bermukim di sekitarnya. Namun, keberadaan gunungapi aktif pada zona subduksi memberikan ancaman bahaya erupsi terhadap lingkungan sekitarnya. Sejak tahun 1980 hingga saat ini gunungapi yang tercatat mengalami letusan cukup besar antara lain Gunung Galunggung (1982), Gunung Merapi (2010), Gunung Kelud (2014), Gunung Semeru (2020, 2021, dan 2022), Gunung Karangetang (2019), Gunung Sinabung (2014-2019), Gunung Kie Besi (1988), Gunung Colo (1982), serta Gunung Anak Krakatau (2018).

Lempeng tektonik di sekitar Samudra Pasifik yang banyak terdapat gunungapi paling aktif di dunia membentuk jalur yang dikenal

sebagai jalur cincin api (*ring of fire*). Gunungapi di Indonesia merupakan rangkaian gunungapi di bagian tropis barat dari jalur cincin api ini, di mana terdapat 127 gunungapi aktif yang tercatat dalam *Data Dasar Gunungapi Indonesia*. Berdasarkan sejarah aktivitasnya, gunungapi di Indonesia dibagi ke dalam 3 tipe, yaitu Tipe A merupakan gunungapi yang mengalami letusan sejak tahun 1600. Gunungapi tipe B adalah gunungapi yang sesudah tahun 1600 belum mengalami lagi erupsi magmatik, tetapi masih memperlihatkan gejala kegiatan seperti solfatara. Sedangkan gunungapi tipe C adalah gunungapi yang erupsinya tidak diketahui dalam sejarah manusia, tapi masih terdapat tanda-tanda kegiatan masa lampau berupa lapangan solfatara dan/atau fumarola pada tingkat lemah.

Pertanyaan paling penting dan sering disampaikan oleh masyarakat adalah, saat terjadi peningkatan aktivitas pada suatu gunungapi mana pun apakah akan mengarah kepada suatu erupsi? Jika demikian, kapan akan terjadi? Dalam praktiknya hingga saat ini, belum ada suatu metode untuk dapat memastikan kapan erupsi suatu gunungapi ini akan terjadi, melainkan dengan pengetahuan tentang aktivitasnya di masa lalu dan terutama skala waktu kejadiannya secara signifikan, meningkatkan upaya memahami perilaku suatu gunungapi tersebut akan erupsi dengan gejala vulkanik yang khas pada setiap gunungapi. Memahami proses, kedalaman lokasi kejadian, dan waktu kejadian adalah bagian penting dari informasi untuk interpretasi yang lebih baik dari peningkatan aktivitas vulkanik. Hal ini sangat penting terutama di gunungapi seperti Gede di mana belum ada kejadian erupsi yang terjadi baru-baru ini. Dengan demikian, tidak ada informasi awal tentang data pemantauan yang digunakan untuk mengantisipasi evolusi kejadian saat terjadi peningkatan aktivitas vulkanik dimulai.

Tataan Tektonik di Jawa Barat

Berbicara mengenai tataan tektonik di wilayah Jawa Barat, maka akan selalu terhubung dengan keberadaan Pulau Jawa yang

merupakan bagian dari sistem subduksi Lempeng Indo-Australia yang bergerak relatif ke arah utara menunjam terhadap Lempeng Eurasia. Zona subduksi Jawa, dikenal memiliki banyak segmen dengan frekuensi kejadian gempa dan magnitudo lebih rendah jika dibandingkan dengan zona subduksi Sumatera (PUSGEN, 2017). Namun, terdapat beberapa gempa besar yang pernah terjadi di lepas Pantai Selatan Jawa, terutama di sepanjang megathrust (Newcomb and McCann, 1987), dengan magnitudo kurang dari Mw 8. Dari catatan kejadian tsunami di wilayah zona subduksi Jawa, hanya terjadi tsunami dalam skala kecil pada tahun 1994 (Abercrombie dkk., 2001) dan 2006 (Ammon dkk., 2006) tidak ada catatan sejarah tsunami besar di zona subduksi Jawa.

Gempa subduksi Jawa tahun 1994 dan 2006 terjadi di daerah yang sempit (beberapa puluh kilometer dari palung) sehingga besar kemungkinan gempanya terjadi karena adanya zona terkunci yang terisolasi (*isolated locked-zone*) di batas subduksi Jawa. Besar kemungkinan potensi kegempaan zona subduksi di Jawa mengikuti pola ini, yaitu gempa yang akan datang kemungkinan terjadi di daerah yang terdapat adanya seismic-gap (zona dengan seismisitas rendah) di sepanjang zona seismik yang sempit.

Sesar di Jawa Bagian Barat

Secara umum, struktur geologi aktif di Jawa didominasi oleh sesar geser dan sesar naik dengan sesar turun sebagai struktur minor. Beberapa sesar utama di Jawa Barat yang sudah banyak diketahui antara lain Sesar Cimandiri (Katili dan Soetadi; 1971; Darji dkk., 1994; Setiadji, 1994; Supartoyo dkk., 2005), Sesar Lembang (Tjia, 1968; Setiadji, 1997; Supartoyo dkk., 2005), Sesar Baribis-Citanduy (Katili dan Soetadi 1971; Setiadji, 1997; Supartoyo dkk., 2005), Sesar Garsela, dan Sesar Cileunyi Tanjungsari.

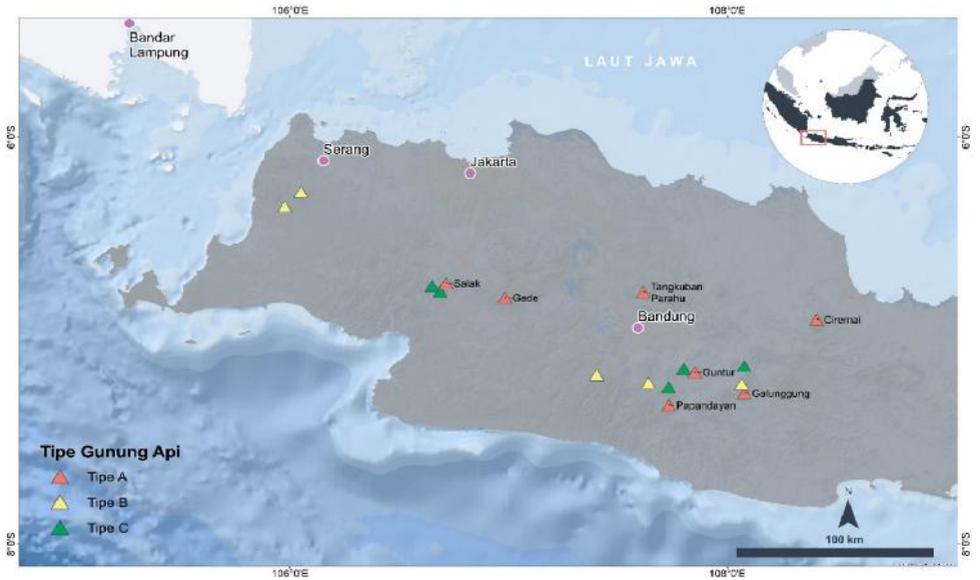
Sesar Cimandiri ada yang membagi menjadi 6 segmen (Segmen Loji, Cidadap, Nyalindung, Cibeber, Saguling, dan Padalarang) dengan mekanisme dominan sesar naik dengan komponen mengiri

(Marliyani dkk., 2016). Sesar Lembang yang tampak jelas secara topografi sebagai gawir memanjang berarah barat-timur terletak di bagian utara Kota Bandung (Tjia 1968; Supartoyo dkk., 2005). Sesar Lembang merupakan kelanjutan dari ujung utara sesar Cimandiri. Gempa besar pernah terjadi di sepanjang sesar ini pada tahun 1699, 1834 dan 1900 (Wichmann, 1918; Visser, 1922). Sesar Baribis memanjang dari Majalengka sampai Subang dan terindikasi sebagai sesar naik yang dapat diamati dari topografi dan seismik refleksi.

Sesar Garsela atau Garut Selatan merupakan sesar aktif yang memanjang dari selatan Garut menuju selatan Bandung. Sesar ini memiliki dua segmen, yaitu segmen Rakutak dan Kencana. Segmen Rakutak memiliki mekanisme sesar normal dengan panjang 19 km dengan magnitudo gempa yang pernah terjadi mencapai 6,2 dan segmen Kencana memiliki mekanisme pergerakan sesar geser dengan panjang 17 km dengan magnitudo maksimum 5,7.

Gunungapi di Jawa Barat

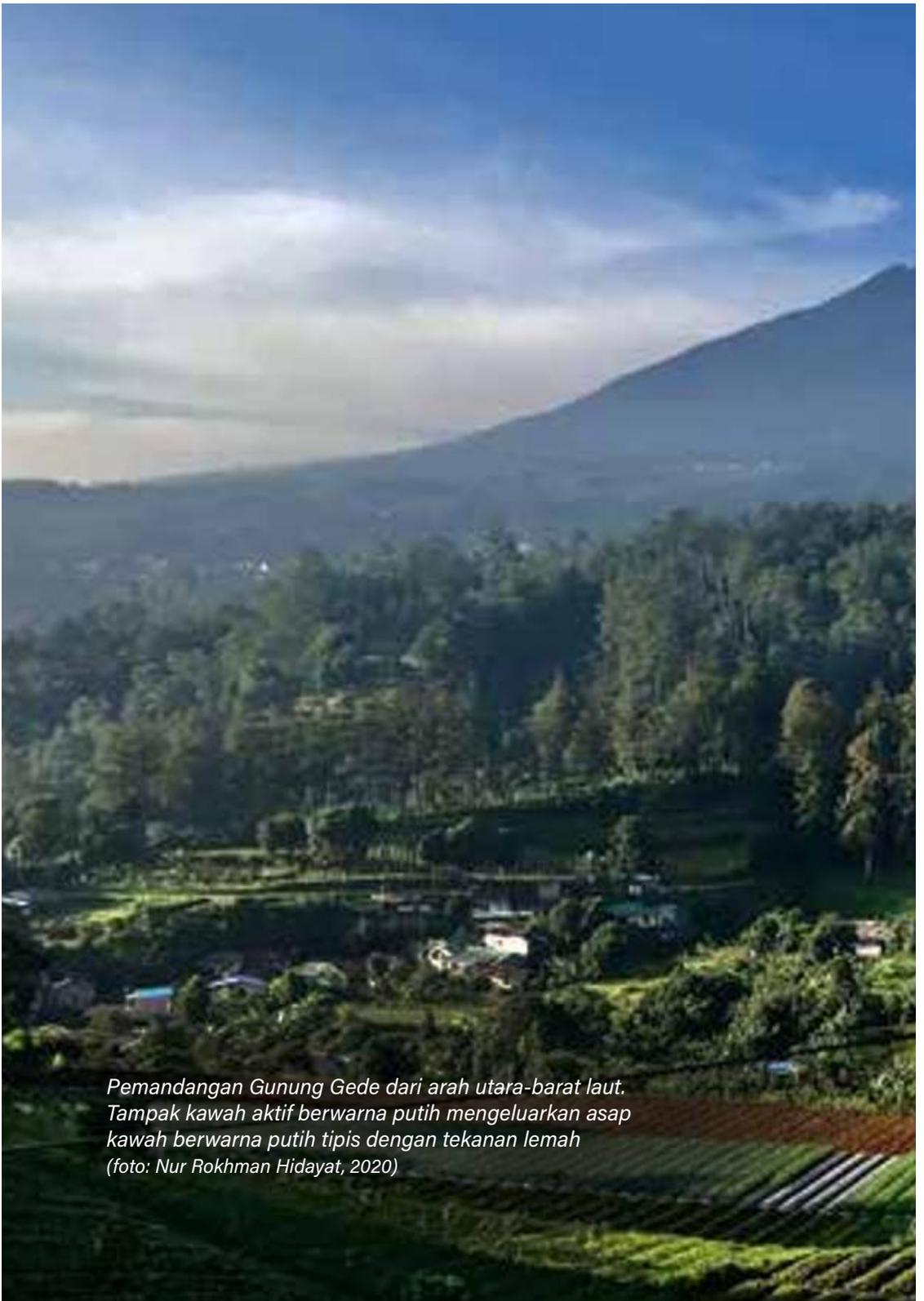
Gunungapi Tipe A merupakan gunungapi yang diwaspadai tingkat aktivitasnya, sehingga perlu dipantau secara menerus menggunakan peralatan maupun secara visual. Di Jawa Barat terdapat 7 gunungapi Tipe A yakni Gunung Salak, Gunung Gede, Gunung Tangkubanparahu, Gunung Guntur, Gunung Papandayan, Gunung Galunggung dan Gunung Ciremai. Gunung Gede secara administratif sebagian termasuk wilayah Cipunas (Kabupaten Cianjur) dan sebagian termasuk wilayah Kabupaten Bogor serta Kabupaten Sukabumi. Selain Gunung Salak, Gunung Gede merupakan gunungapi aktif terdekat ke Kota Jakarta, Ibu Kota Negara Indonesia, dengan jarak sekitar 60 km. Beberapa daerah berpenduduk cukup padat yang jaraknya cukup dekat dengan Gunung Gede adalah Cipunas (sekitar 9 km), Sukabumi (sekitar 16,5 km), Cianjur (sekitar 17 km), Bogor (sekitar 29 km), dan Bandung (sekitar 70 km).



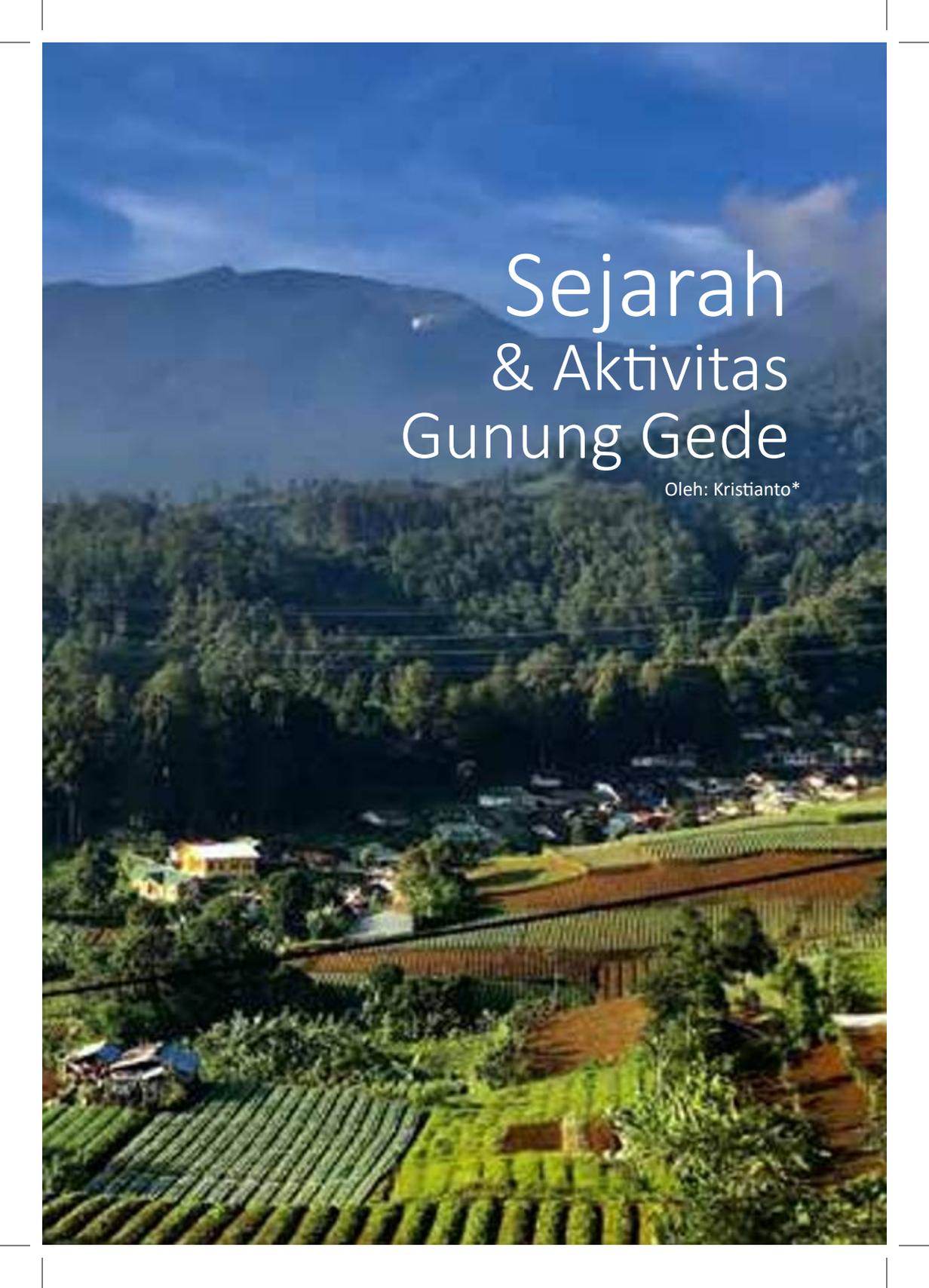
Gunungapi di wilayah Jawa Barat, yang Tipe-A (Salak, Gede, Tangkubanparahu, Pa-pandayan, Guntur, Galunggung dan Ciremai) gambar segitiga oranye, Tipe B (Patuha, Wayang-Windu, Talaga Bodas) gambar segitiga kuning, dan Tipe-C (Kiara Beres-Gagak, Perbakti, Kawah Manuk, Kawah Kamojang, Kawah Karaha) gambar segitiga hijau.

Kompleks Vulkanik Gede (Handley et al., 2010) terdiri atas sisa-sisa vulkanik Gegerbentang, yang diduga berasal dari aktivitas pada masa Pliosen (Effendi et al., 1998), stratovolcano Pangran-go-Masigit yang telah punah, yang sebagian besar dibangun pada masa Pleistosen, dan bagian yang masih aktif hingga saat ini, yaitu Gunung Gede-Gumuruh. Catatan stratigrafi Gede menunjukkan endapan yang lebih tua dari awan panas dan lahar berasal dari zaman Pleistosen (Belousov et al., inpress). Endapan yang agak tebal ini terkait dengan letusan VEI 2-4 yang agak eksplosif (Belousov et al., 2015). Namun, catatan sejarah menunjukkan dua setengah abad terakhir menghasilkan 20 kali letusan Gede, dua di antaranya lebih kuat dan menyebabkan dampak yang signifi-kan terhadap lingkungan di sekitarnya (pada akhir abad ke-18 dan 1832-40). Dengan demikian, berdasarkan sejarah geologinya, Gu-nung Gede memiliki potensi bahaya erupsi terhadap lingkungan dan penduduk yang berada di sekitarnya.

*Bekerja di Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG)



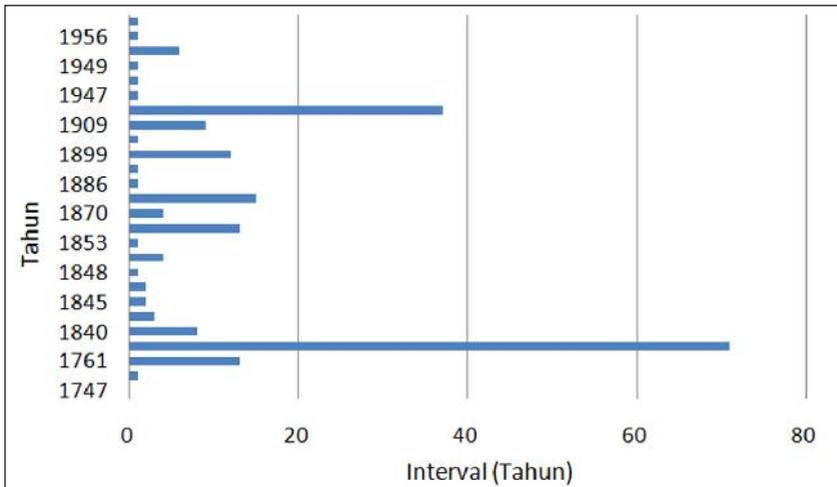
*Pemandangan Gunung Gede dari arah utara-barat laut.
Tampak kawah aktif berwarna putih mengeluarkan asap
kawah berwarna putih tipis dengan tekanan lemah
(foto: Nur Rokhman Hidayat, 2020)*



Sejarah & Aktivitas Gunung Gede

Oleh: Kristianto*

Dalam catatan sejarah, erupsi Gunung Gede banyak dibahas oleh Junghuhn (1843) dan Taverne (1926) (dalam Kusumadinata K. dan Hamidi S, 1979). Erupsinya pada umumnya kecil dan berlangsung singkat, kecuali kejadian pada tahun 1747-1748 yang mengeluarkan aliran lava dari Kawahlarang. Pada tabel di bawah disajikan sejumlah catatan singkat mengenai erupsi yang telah terjadi di Gunung Gede. Waktu istirahat atau periode erupsi terpendek kurang dari satu tahun (pada tahun 1899 terjadi beberapa kali erupsi) dan periode erupsi terpanjang 71 tahun.



Interval erupsi Gunung Gede sejak tahun 1747 hingga 1957

Sejarah Erupsi Gunung Gede

Tahun erupsi	Keterangan
1747-1748	Terjadi erupsi yang menghancurkan (Junghun, 1854).
1761	Erupsi kecil yang menghasilkan abu (Junghun, 1854)
1832	29 Agustus, erupsi menghasilkan kolom abu ke arah Jakarta
1840	Periode erupsi pada 12 November hingga 3 Desember, menghasilkan kolom abu setinggi 2000 meter.
1843	28 Juli, jam 23.30 hujan abu tipis.

1845	Pada 23 Januari jam 10.30 dan 5 Maret jam 22.30, erupsi menghasilkan kolom asap.
1847	17 – 18 Oktober, erupsi menghasilkan abu tipis yang jatuh di Bogor.
1848	8 Mei, erupsi menghasilkan kolom asap tebal di Kawah Gede.
1852	28 Mei, erupsi melontarkan batu berdiameter 2 hingga 12 kaki dan abu.
1853	14 Maret antara jam 07.00 – 09.00, erupsi menghasilkan kolom abu
1866	18 September, erupsi menghasilkan hujan abu
1870	29 Agustus – 30 September, erupsi menghasilkan bara api, kolom asap. 3 Oktober pada jam 09.45, terdengar ledakan kuat.
1885	Januari dan Pebruari terdengar suara gemuruh.
1886	10 Juni – 16 Agustus, terjadi letusan disertai suara dentuman, hujan abu.
1887	22 Oktober, terjadi erupsi (tidak ada keterangan lengkap)
1899	1 – 14 Mei, terdengar suara gemuruh dan teramati sinar api di waktu malam
1900	Terdengar suara bergemuruh
1909	2 Mei, terjadi erupsi menghasilkan hujan abu dan suara bergemuruh.
1946	19 – 20 Desember, teramati kolom asap membubung dari Kawah Ratu
1947	2, 27 September, 17 Oktober, 1, 15, 28, 30 November, erupsi menghasilkan abu.
1948	8, 11, 17, 22, 25, 28 Januari, 16, 20, 23 November, erupsi menghasilkan pasir, lapili dan kolom abu. Pada 12 November, erupsi menghasilkan kolom abu setinggi 5000 m (Adnawidjaja, 1948).
1949	17 Januari dan 5 Pebruari, erupsi kecil dari kawahpusat (Neumann van Padang, 1951).
1955	21 Juli, terjadi erupsi (tidak ada keterangan lengkap) (Djatikoesoemo, 1955). 2 Agustus, erupsi menghasilkan kolom abu setinggi 300 – 400 m (Djajawinangun, 1955).
1956	28 April, teramati kolom abu tebal berwarna hitam disertai dengan sinar, berlangsung (Hadikusumo, 1957).
1957	13 Maret, erupsi disertai suara gemuruh, tinggi kolom abu 3 km di atas kawah (Hadikusumo, 1957).
1972	bulan Juli, Kawah Lanang mengeluarkan asap putih yang agak tebal berbau belerang dan suara mendesis (Hamidi, 1972).

Interval Erupsi Gunung Gede Sejak Tahun 1747 Hingga 1957

Bila ditinjau lagi, erupsi Gunung Gede sejak tahun 1747 hingga 1957 menunjukkan pada umumnya erupsi yang terjadi berupa erupsi kecil dan berlangsung dalam waktu singkat. Sifat erupsinya pada umumnya material vulkanik yang dikeluarkan berupa abu berukuran diameter lebih kecil dari 2 mm, pasir halus dan batuan vulkanik berukuran diameter 2- 64 mm (lapilli).

Erupsi yang terjadi pada tahun 1747 – 1748 diduga menghasilkan 2 aliran lava dari Kawah Lanang. Pada tahun 1890 diduga terjadi awanpanas tetapi tidak ada laporan mengenai korban jiwa akibat erupsi Gunung Gede. Selanjutnya, aktivitas vulkanik Gede telah diamati sejak 1985 dan selama diamati, telah terjadi beberapa kali peningkatan aktivitas terutama aktivitas kegempaan. Peningkatan terjadi di antaranya tahun 1997 dan tahun 2000.

Secara bentuk, Gunung Gede termasuk gunungapi strato. Pada bagian barat dan utara, gunung ini dibatasi oleh Gunung Pangrango yang membentuk gunungapi kembar dengan Gede. Pada arah yang lain, gunungapi ini dibatasi oleh kompleks gunungapi tua. Lereng bagian selatan lebih terjal dibandingkan dengan lereng lainnya, memperlihatkan topografi yang kasar dan irisan-irisan erosi yang dalam.

Dari sisi morfologinya, daerah Gunung Gede dan sekitarnya dapat dibagi ke dalam beberapa satuan morfologi, yaitu:

Bentuk asal vulkanik (sisa-sisa kawah/amblasan dan irisan lereng pada endapan vulkanik), bentuk-bentuk asal denudasi vulkanik (Gunung Joglo dan Telaga), bentuk-bentuk asal denudasi (Gunung Kencana), dan bentuk-bentuk asal struktur (punggungan lava).

Bentuk setengah lingkaran mencirikan sisa kawah, yang terbuka ke arah barat laut dan mempunyai dinding yang sangat terjal. Bagian atas dari kawah adalah paling terjal dengan tinggi 50-200

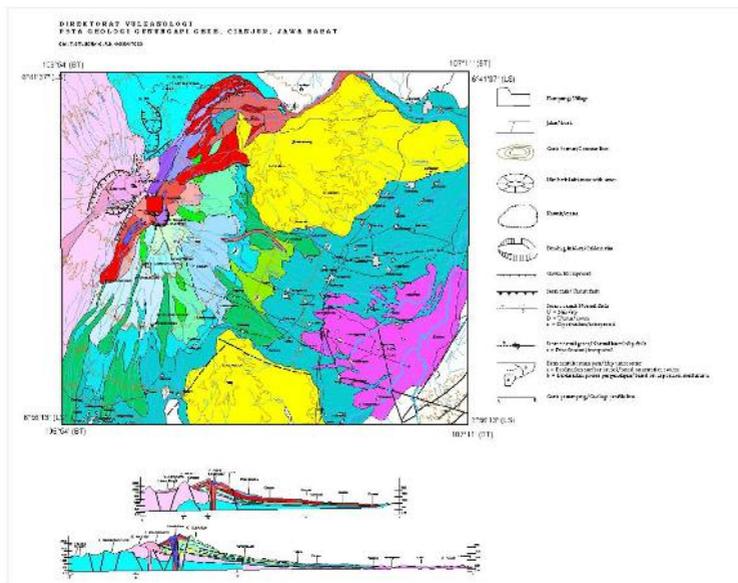
m dan diameter 1600 m. Kawah aktif Gede dicirikan oleh bentuk tapal-kuda yang membuka ke arah utara. Dinding yang sangat terjal mempunyai tinggi dan diameter masing-masing 200 m dan 1000 m. Ada 5 buah kawah muda yang berada dalam dasar kawah Gede, Joglo dan Telaga mempunyai bentuk kerucut yang sudah tererosi kuat dengan punggungan yang tajam.

Perkembangan dan perpindahan dari kawah dicirikan oleh adanya saling perpotongan antara satu kawah dengan kawah yang lainnya. Saat ini kawah yang paling aktif adalah Kawah Lanang dan Kawah Wadon. Ada 7 kawah yang berada di daerah puncak, yaitu:

1. Kawah Gumuruh yang merupakan kawah terbesar dan tertua, berbentuk kawah tapal kuda yang membuka ke arah barat laut, berdiameter 1600 m dengan dinding kawah yang sangat terjal, mempunyai tinggi sekitar 200 m dan dasar kawah datar yang sempit.
2. Kawah Gede terletak di dalam kawah Gumuruh dengan diameter 1000 m, dinding yang terjal mempunyai tinggi 200 m, kawahnya membuka ke arah utara.
3. Kawah Sela terletak di bagian utara sisi kawah kawah Gede dengan diameter 750 m, sisi kawah tidak terlihat karena erupsi yang lebih muda.
4. Kawah Ratu mempunyai diameter 300 m dan dinding yang curam, berlokasi di dalam Kawah Gede.
5. Kawah Lanang merupakan kawah aktif dengan ukuran 230 x 170 m dan dinding kawahnya sangat terjal.
6. Kawah Baru terletak di dalam Kawah Gede.
7. Kawah Wadon terletak di bagian utara kawah Gede dengan ukuran 149 x 80 m, dicirikan oleh adanya lapangan solfatara dan fumarola.

Geologi kompleks Gunung Gede dibagi ke dalam tiga periode kegiatan, yaitu Gunung Masigit Pangrango, Gunung Gumuruh (Gunung Gede Tua) and Gunung Gede Muda. Batuan dasar dari kompleks ini dan daerah sekitarnya adalah batuan sedimen yang

berumur Tersier, hasil endapan vulkanik dari Gede Muda adalah lava, piroklastika aliran, piroklastika jatuhan, longsoran vulkanik dan endapan lahar. Posisi dari Gede Muda yang tumbuh di antara dua pusat erupsi pada bagian tenggara dan barat daya (Gumuruh dan Masigit- Pangrango) menyebabkan penyebaran dari sebagian besar hasil erupsi menyebar ke arah timurlaut dan hanya sebagian kecil kearah barat daya.



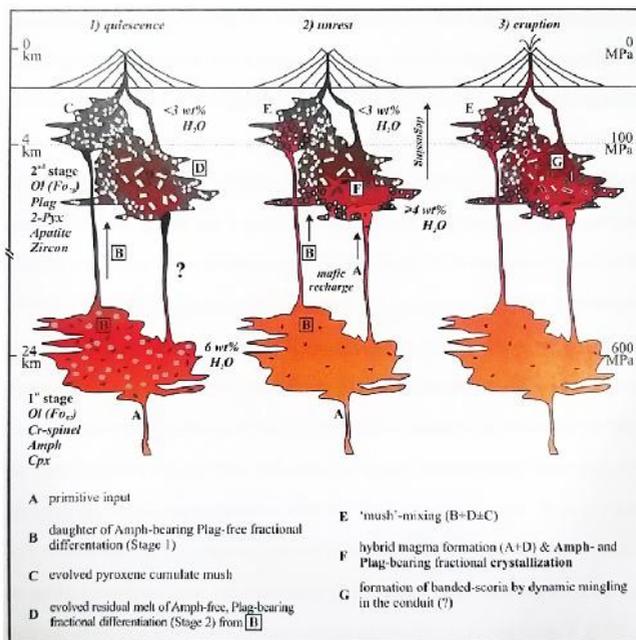
Peta Geologi Gunung Gede (Situmorang & RD Hadisantono, 1992)

Material hasil kegiatan Gede Tua (kelompok Gumuruh – Su-karatu (?), dapat diamati di lereng timur daerah Cianjur berupa sebaran 777 bukit. Sebaran bukit ini diduga akibat erupsi hebat disertai longsoran dinding dan kemudian diendapkan berupa bukit-bukit kecil. Peristiwa ini seperti yang terjadi di Gunung Galunggung (ten thousand hills, van Bemmelen, 1949).

Pembentukan tubuh Gede Tua (setelah peristiwa di atas) berupa aliran lava, dapat diamati pada lereng yang cukup tinggi seperti Pasir Culamega (timur, 1652 m dml), Pasir Gombongpapag (selatan, 1785 m dml) dan Curug Cibereum (utara, 1650 m dml). Al-

iran lahar tua ke arah selatan menutupi daerah Sukabumi selatan dan mencapai lembah Sungai Cimandiri, sedangkan ke arah timur mencapai lembah Citarum.

Evolusi magmatik Gunung Gede menunjukkan sistem reservoir dua tingkat, di mana pada kedalaman fraksionasi magma primitif terjadi dan setelah diinjeksi ke dalam reservoir tingkat dangkal, serta mengalami proses diferensiasi lebih lanjut (Krimer, 2015). Proses magmatik dan dinamika reservoir ini dan mendukung hasil sistem konduit dan proses yang terekam dalam pola zonasi fenokris. Hasil ini terintegrasi dengan data pemantauan gunung berapi yang tersedia dan juga menyoroti tanda-tanda potensi peningkatan aktivitas yang dapat diperkirakan.



Ilustrasi ideal dari proses magmatik karakteristik di bawah permukaan Gunung Gede pada masa Holocene. Kejadian pada lebih dari 45 kyr ditandai dengan proses gunung pada periode istirahat (gambar kiri), periode peningkatan aktivitas (gambar tengah), dan periode erupsi (gambar kanan) (Krimer, 2015).

Peran Mitigasi dan Pemantauan Gunungapi

Vulkanisme dan struktur geologi yang berkembang di wilayah Jawa Barat termasuk Cianjur tidak terlepas dari konsekuensi fenomena tumbukan lempeng tektonik Indo-Australia yang selalu bergerak relatif berarah timur laut - utara dengan kecepatan 75 mm/tahun dan menunjam terhadap Lempeng Eurasia.

Keberadaan Gunung Gede sangat strategis karena lokasinya cukup dekat dengan Kota Jakarta, sehingga aktivitas vulkaniknya menjadi perhatian dan sangat berpengaruh terhadap isu sosial dan ekonomi yang berkembang di wilayah Ibu Kota Indonesia tersebut. Bahaya abu vulkanik yang dikeluarkan saat gunungapi ini mengalami erupsi menjadi perhatian terhadap keselamatan penerbangan, sehingga saat gunungapi mulai mengalami peningkatan aktivitas selalu menjadi perhatian yang serius dari pelabuhan udara yang terletak di sekitar gunungapi tersebut. Ada beberapa bandara yang cukup sibuk dalam melayani penumpang datang dan pergi di mana jaraknya relatif dekat dengan Gunung Gede, yaitu Bandara Soekarno-Hatta, Halim Perdana Kusuma, dan Husein Sastranegara. Ada juga bandara militer di sekitar Gunung Gede yang dapat terpengaruh jika aktivitas erupsinya menghasilkan abu vulkanik, yaitu Pangkalan Angkatan Udara (Lanud) Atang Sendjaja (Bogor) dan Lanud Sulaiman (Bandung).

Beberapa daerah di sekitar Gunung Gede saat ini cukup padat dihuni penduduk, yaitu Cipanas (Cianjur) dan Cisarua (Bogor). Peningkatan jumlah penduduk yang bermukim di sekitar Gede tak luput dari daya tarik yang kuat dari potensi agrowisata, wahana wisata alam yang berkembang pesat, serta banyaknya villa dan hotel yang menjadi tempat hunian sementara dari para wisatawan.

Dengan berkaca dari aktivitas vulkanik di masa lampau, peran mitigasi dan pemantauan Gunung Gede sangat signifikan dalam menjamin pengurangan risiko bencana yang ditimbulkan oleh

erupsinya di masa yang akan datang. Badan Geologi melalui Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) melakukan pengamatan aktivitas vulkaniknya sejak tahun 1985 melalui Pos Pengamatan Gununggapi di Desa Ciloto, Kecamatan Cipanas, Kabupaten Cianjur dengan posisi geografi 6°42'52,08" LS dan 106°59'50,52" BT. Hal ini menunjukkan bahwa Badan Geologi telah menunjukkan komitmennya dalam rangka pengurangan risiko bencana erupsi Gunung Gede.

Meskipun namanya Pos Pengamatan Gununggapi, tapi bangunan ini bukan hanya sekadar pos kecil tetapi berupa bangunan yang berfungsi untuk memantau aktivitas gununggapi yang dilengkapi sistem peralatan analog dan digital dengan metode visual, seismik, dan deformasi. Peralatan di Pos Pengamatan Gunung Gede berupa sistem penerima dan perekam data visual, seismik atau kegempaan, dan deformasi. Sedangkan peralatan sensor di lapangan terdiri atas 7 stasiun seismik, 3 stasiun tiltmeter, 2 CCTV, 1 stasiun multigas, serta dilengkapi 4 stasiun repeater. Keberadaan peralatan pemantauan tersebut diharapkan dapat memantau dengan baik proses naiknya magma ke permukaan, menghasilkan data pemantauan yang dapat memberikan peringatan dini terjadinya erupsi Gunung Gede.

Dengan demikian, pemerintah daerah dan masyarakat dapat mengambil langkah-langkah sedini mungkin terhadap penyelamatan dan menghindari dari lokasi kawasan rawan bencana gununggapi. Sekaligus dengan kian berkembangnya pemanfaatan wilayah di sekitar Gunung Gede terutama pada kawasan rawan bencana gununggapi, diperlukan peningkatan kapasitas pemerintah daerah dan masyarakat terhadap potensi ancaman bahaya erupsinya.

Sekarang Gunung Gede masih dalam tingkat aktivitas normal, sehingga merupakan waktu yang tepat untuk sosialisasi tentang potensi bahaya erupsi serta langkah-langkah atau rekomendasi yang perlu dilakukan oleh pemerintah daerah dan masyarakat jika Gunung Gede mengalami peningkatan aktivitas. Pemerindah dae-

rah, pemangku kepentingan dan masyarakat perlu membuat dokumen rencana kontinjensi dalam rangka mengantisipasi jika suatu saat Gunung Gede mengalami peningkatan aktivitas vulkanik.

Rencana kontinjensi merupakan proses perencanaan ke depan terhadap keadaan yang tidak menentu untuk mencegah atau menanggulangi secara lebih baik dalam situasi darurat dengan menyepakati skenario dan tujuan, menetapkan tindakan teknis dan manajerial, serta tanggapan dan pengerahan potensi yang telah disetujui bersama. Dokumen rencana kontinjensi perlu dievaluasi atau direvisi secara periodik, sehingga data yang disajikan merupakan data terkini yang dikoreksi oleh semua pemangku kepentingan. Gladi kesiapan menghadapi bencana erupsi Gunung Gede juga perlu dilaksanakan, agar pemerintah daerah dan masyarakat kian memahami dan mengetahui respon yang harus dilakukan saat menghadapi erupsi gunungapi.

Peran geologi dalam penataan ruang saat ini juga sangat dirasakan manfaatnya. Pemanfaatan peta Kawasan Rawan Bencana Gunung Gede dapat memberikan petunjuk wilayah mana saja yang dapat digunakan sebagai kawasan hunian tetap yaitu kawah yang berada di luar kawasan rawan bencana serta kawasan rawan bencana yang masih dapat digunakan untuk pemukiman dengan persyaratan yang ketat pada sistem peringatan dini erupsi gunungapi, sarana/prasarana jalur dan rambu evakuasi, dan peningkatan kapasitas masyarakat pada ancaman bencana erupsi gunungapi. Khusus untuk Kawasan Rawan Bencana III, merupakan kawasan yang sangat berpotensi terlanda awan panas, aliran lava, guguran lava, lontaran batu pijar, dan/atau gas beracun direkomendasikan untuk tidak dijadikan lokasi hunian tetap.

Dengan maraknya pembangunan hunian maupun tempat wisata di kawasan sekitar Gunung Gede juga perlu diperketat persyaratannya, yaitu terlebih dahulu melakukan analisis risiko bencana geologi yang berpotensi terjadi sekitar Gunung Gede, seperti yang tercantum pada Pasal 40 Ayat 3 Undang-Undang No. 24 tahun

2007 tentang Penanggulangan Bencana, yaitu “Setiap kegiatan pembangunan yang mempunyai risiko tinggi yang menimbulkan bencana dilengkapi dengan analisis risiko bencana sebagai bagian dari usaha penanggulangan bencana sesuai dengan kewenangannya”. Beberapa kegiatan tersebut di atas tentunya akan memperkecil nilai kerentanan terhadap masyarakat yang akan bermukim dan berkunjung ke wilayah tersebut.

*Bekerja di Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG).





Sekarang hampir setahun gempa bumi dahsyat di Cianjur dan sekitarnya telah berlalu. Dalam rentang beratus hari hingga hari ini, kita dapat merenungkan kembali mengenai fenomena kebumihian di wilayah yang hingga tahun 1864 sempat menjadi ibu kota Keresidenan Priangan itu. Ternyata dari berbagai rekaman pustaka, kejadian gempa bumi di Cianjur dan sekitarnya memang terjadi di masa bihari.

Beberapa buktinya masih dapat kita ikuti dari rekaman-rekaman kegempaan yang disusun oleh Carl Ernst Arthur Wichmann (1851-1927), ahli geologi dan mineralogi berkebangsaan Jerman yang sempat mengikuti sejumlah ekspedisi ke Hindia Belanda antara tahun 1888 hingga 1902. Rekaman-rekaman di Hindia Belanda dia dedahkan dalam dua jilid buku bertajuk *Die Erdbeben des Indischen Archipels* (1918 dan 1922).

Bagi yang menguasai bahasa Inggris, dua jilid karya Wichmann itu telah diterjemahkan oleh Ron Harris dan Jonathan Jonathan

dari Brigham Young University, Amerika Serikat, pada tahun 2016, dengan judul *Translation of Wichmann Vol 1 - The Earthquakes of the Indian Archipelago through 1857. Waves of destruction in the East Indies: the Wichmann catalogue of earthquakes and tsunami in the Indonesian region from 1538 to 1877* dan *Translation of Wichmann Vol 2 - Earthquakes of the Indian Archipelago from 1858 to 1877. Waves of destruction in the East Indies: the Wichmann catalogue of earthquakes and tsunami in the Indonesian region from 1538 to 187.*

Buku ini mendokumentasikan 61 gempa bumi regional dan 36 tsunami yang terjadi antara tahun 1538 hingga 1877 di wilayah Indonesia, yang di masa kolonial masih dikenal sebagai Hindia Belanda. Dari rekaman Wichmann dapat diketahui bahwa kejadian gempa bumi yang paling besar dan terdokumentasikan sangat baik terjadi antara tahun 1770 dan 1859 di wilayah Laut Maluku, tahun 1629, 1774 dan 1852 di sekitar Laut Banda, tahun 1820 di Makassar, tahun 1857 di Dili, tahun 1815 di Bali dan Lombok, tahun 1699, 1771, 1780, 1815, 1848 dan 1852 di Pulau Jawa, dan kejadian tahun 1797, 1818, 1833 dan 1861 di Pulau Sumatra.

Selain karya Arthur Wichmann, pustaka lainnya yang merekam kegempaan di Indonesia antara lain *Katalog Gempabumi Merusak di Indonesia Tahun 1612-2014* (cetakan kelima, 2014) susunan Supartoyo, Surono, dan Eka Tofani Putranto dan terbitan Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi serta *Katalog Gempabumi Signifikan dan Merusak 1821-2017* (2017) susunan Urip Setiyono dan kawan-kawan yang tergabung dalam Pusat Gempabumi dan Tsunami, BMKG.

Rangkaian Gempa Bumi sejak Tahun 1834

Dari ketiga pustaka tersebut, kita menjadi mafhum bahwa di wilayah Cianjur dan sekitarnya pernah beberapa kali terjadi gempa bumi. Dari karya Wichmann, antara lain, kita tahu bahwa pada 16

November 1861 pada pukul 18:40 Distrik Maleber, Cianjur, diguncang gempa kuat yang diikuti guncangan kedua pada pukul 18:50 dan ketiga pada pukul 20:30 yang lebih lemah. Beberapa bulan kemudian, tanggal 22 November 1861, Cianjur kembali diguncang gempa, meskipun tidak dilaporkan besarnya. Seminggu kemudian, pada 29 November 1861, pukul 5:05, gempa bumi yang membentuk gelombang menerjang Cianjur yang diikuti dengan guncangan yang agak kuat. Pada pukul 15.00 terjadi lagi guncangan.

Tahun berikutnya, pada 22 Agustus 1862, sekitar pukul 17.00, daerah Cianjur, Sumedang, Garut, dan Manonjaya diguncang keras beberapa kali. Seminggu lebih kemudian, pada 1 September 1862, pukul 18:17 daerah Distrik Maleber dan pukul 18:20 daerah Sindanglaya, Distrik Ciputri, Cianjur, dua kali diguncang gempa bumi hebat dengan durasi lima hingga enam detik. Sumedang dan Cianjur selanjutnya dilanda gempa bumi beberapa kali pada tanggal 18 Mei 1864, pukul 13:10.

Tahun berikutnya lagi, hampir seluruh wilayah Jawa diguncang gempa keras. Setelah pukul 19:00, di sekitar Distrik Maleber (Cianjur), Ujungberung Kulon (Bandung), dan Sumedang terjadi dua kali gempa bumi yang cukup kuat. Satu lagi, masih di sekitar Distrik Maleber (Cianjur) dan Distrik Suci (Limangan) beberapa kali dilanda gempa bumi dengan guncangan yang keras pada tanggal 26 Juni 1876, pukul 10.20.

Selanjutnya, dari buku *Katalog Gempabumi Merusak di Indonesia Tahun 1612-2014*, kita mendapatkan beberapa tambahan data terkait rekaman kegempaan yang terjadi di sekitar Cianjur. Di antaranya pada 10 Oktober 1834 terjadi gempa berkekuatan VIII-IX MMI yang terjadi di Bogor-Cianjur yang menyebabkan kerusakan bangunan dan retakan jalan di antara Bogor-Cianjur.

Ketiga penulis mencatat bencana gempa bumi besar yang disebut "Jawa Barat Selatan" pada 2 September 2009 yang terjadi pada pukul 14:55. Gempa buminya berkekuatan 7,3 SR atau VII MMI yang menyebabkan terjadinya longsoran besar di Desa Cikangka-

reng, Kecamatan Cibinong, Cianjur, dan menimbun 30 orang. Secara total bencana tersebut menyebabkan 82 orang meninggal, 21 orang hilang, 1.252 orang luka-luka, 210.292 orang mengungsi, 64.413 rumah rusak berat, 134.294 rumah rusak ringan, dan 490 sekolah roboh. Gempa bumi ini juga memicu terjadinya tsunami dengan tinggi run up \pm 1-2 meter di pantai Pameungpeuk, Garut.

Senada dengan buku di atas, Katalog Gempabumi Signifikan dan Merusak 1821-2017, juga menyebutkan peristiwa gempa bumi yang terjadi pada 10 Oktober 1834 di sekitar Bogor dan Cianjur dengan skala VIII-IX MMI; ditambah dengan kejadian-kejadian pada 15 Februari 1844 di Cianjur dengan skala VII-VIII MMI; 18 Desember 1910 di sekitar Rajamandala-Cianjur dengan kekuatan gempa bumi pada skala VII MMI; 17 Juli 2006 dengan skala III MMI; 2 September 2009 yang terjadi di Cianjur dan Sukabumi dengan skala VII MMI; dan 10 Januari 2010 dengan kekuatan yang berskala III MMI.

Bisa jadi, rangkaian gempa bumi, selain letusan Gunung Gede, yang melanda bumi Cianjur selama awal hingga paruh kedua abad ke-19 juga mempengaruhi residen Priangan mengambil keputusan untuk memindahkan ibu kota Keresidenan Priangan dari Cianjur ke Bandung pada tahun 1865. Dan akhirnya, rangkaian peristiwa gempa bumi itu juga menjadi titik-titik berangkat untuk memahami apa yang terjadi pada 21 November 2022 di bumi Cianjur.

*Bekerja di Sekretariat Badan Geologi (SBG).

Tektonika: Motor Penggerak Gempa Bumi Cianjur

Oleh: Sukahar Eka Adi Saputra*

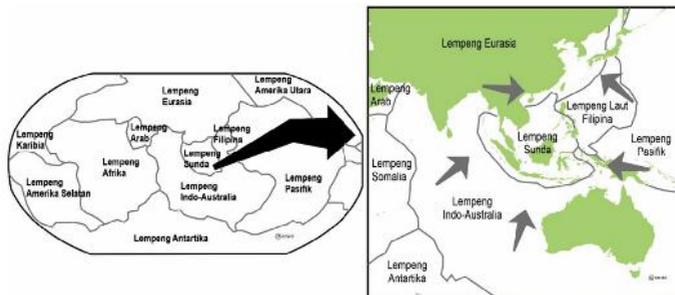
“Data geologi sangat penting untuk mitigasi bencana geologi ke depannya. Termasuk tentang tektonika yang menjadi motor penggerak perubahan muka bumi yang berlangsung berjuta tahun lamanya. Termasuk menggerakkan gempa bumi Cianjur”.

Cianjur, 21 November 2022, siang yang cerah itu, tiba-tiba berubah menjadi bencana. Tepat pukul 13.21 WIB bekas ibu kota Priangan itu bergetar dahsyat. Gempa berkekuatan 5,6 Mw (Moment magnitude) mengguncang dan merobohkan ratusan bangunan serta memicu longsoran. Ratusan rumah rata dengan tanah, sekitar 300 orang meninggal tertimpa bangunan roboh dan tertimbun longsoran.

Peristiwa tragis itu mengingatkan kembali bahwa bencana geologi bisa datang kapan saja dan di mana saja. Menjadi hal lumrah bencana datang tanpa pertanda, datang sesukanya, bisa pagi, bisa siang, atau bisa tengah malam. Oleh karena itu, upaya mitigasi penting untuk menghindari korban lebih besar. DI SINILAH GEOLOGI BERPERAN. Salah satu aspek geologi dalam upaya mitigasi bencana geologi adalah pengetahuan tentang TEKTONIKA yaitu disiplin ilmu bagian dari geologi yang membahas pergerakan lempeng bumi. Disiplin ilmu ini bisa diibaratkan sebagai MOTOR PENGGERAK lempeng perubahan muka bumi yang berlangsung berjuta tahun lamanya. Pergerakan lempeng bumi inilah yang mengakibatkan wilayah Indonesia secara umum rawan gempa bumi.

Permukaan bumi terbagi menjadi beberapa bagian, yang disebut lempeng tektonik. Lempeng-lempeng tersebut dapat berupa lempeng tektonik benua dan samudera. Di dunia ada tujuh lempeng besar sesuai dengan nama benua lempeng tersebut yaitu; Lempeng Pasifik, Lempeng Antartika, Lempeng Amerika Utara, Lempeng Amerika Selatan, Lempeng Afrika, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Indo-Australia. Ada juga lempeng yang lebih kecil yang kita sebut lempeng mikro. Lempeng-lempeng ini dulu merupakan bagian dari lempeng yang lebih besar (Gambar 1).

Lempeng-lempeng bergerak perlahan dan terampung di seluruh permukaan bumi, bergerak dengan kecepatan dan arah yang berbeda. Seperti es batu di dalam air, lempeng-lempeng bergerak mengikuti peredaran magma di dalam bumi. Pada kenyataannya, lempeng-lempeng tersebut saling bertubrukan satu dengan yang lainnya, ada yang menelusup melewati lempeng lain bahkan ada lempeng-lempeng yang saling menjauh. Proses tubrukan dan menjauh disebabkan oleh arus konveksi yang terjadi dari perut bumi, itulah sebabnya dinamikanya seperti mesin penggerak.



Gambar 1. Lempeng-lempeng tektonik di dunia. Wilayah Indonesia terletak di Lempeng Mikro Sunda bagian kecil dari Lempeng Eurasia. Posisi Lempeng Sunda diapit oleh Lempeng Indo-Australia, Lempeng Laut Filipina, dan Lempeng Pasifik. Gambar modifikasi dari “Kekayaan Tektonik di Indonesia (Puzzle)”, Georisk Project Kerjasama Indonesia – Jerman, Badan Geologi (2014).

Jika ada dua lempeng dengan berat yang berbeda berbenturan satu sama lain, lempeng yang lebih berat dapat menelusup ke

bawah lempeng yang lebih ringan. Proses geologi ini dinamakan subduksi. Akibat proses subduksi menyebabkan adanya zona yang rawan gempa bumi karena tumbukan keduanya mengakibatkan pelepasan energi seperti halnya di daerah selatan Pulau Jawa.

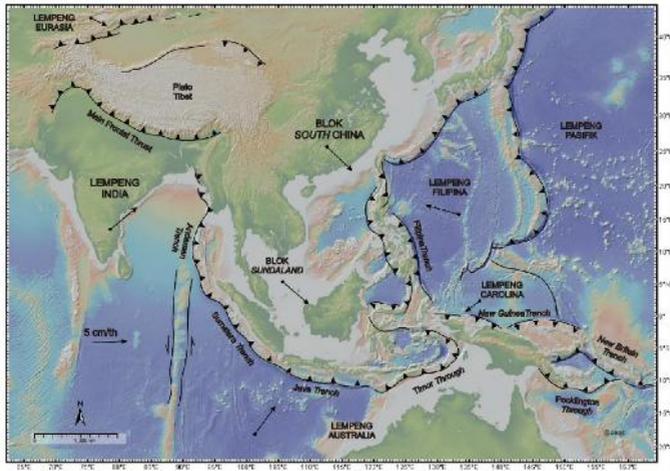
Adapun lempeng tektonik yang penting kaitannya dengan wilayah Indonesia ada empat yaitu, Lempeng Eurasia, lempeng Pasifik, Lempeng Filipina, dan Lempeng Indo-Australia. Selain itu, ada bagian dari Lempeng Eurasia yang disebut sebagai Lempeng Sunda sebagai alas sebagian besar bumi Nusantara di bagian barat atau yang lebih dikenal dengan sebutan Tektonik Indonesia Barat. Lempeng Sunda (Sundaland) adalah lempeng mikro dan jika kita melihatnya secara lebih dekat, posisi lempengnya tampak terjepit di antara Lempeng Indo-Australia, Lempeng Filipina, dan Lempeng Pasifik (Gambar 1). Meski disebut lempeng mikro, titik pertemuan antara Lempeng Sunda dan Lempeng Indo-Australia merupakan daerah tektonik yang penting di Indonesia. Di daerah ini, Lempeng Indo-Australia mengalami subduksi ke bawah Lempeng Sunda. Gerakan tumbukannya menyebabkan terjadinya sebagian besar gempa bumi di Indonesia.

Lempeng Sunda yang didefinisikan sebagai lempeng mikro tunggal masih disebut sebagai bagian dari Lempeng Eurasia (Gambar 2). Di sepanjang pantai barat Pulau Sumatera dan pantai selatan Pulau Jawa, Lempeng Indo-Australia menumbuk ke bawah Lempeng Sunda dan membentuk Sunda Megathrust. Di daerah ini, kedua lempeng mengait satu sama lain. Ketika masing-masing lempeng bergerak ke arah yang berbeda, batuan terus menekuk sampai kekuatannya menjadi sangat luar biasa dan tiba-tiba pecah. Proses inilah yang kemudian menimbulkan gempa bumi.

Pembentukan Lempeng Mikro Sunda

Sejarah geologi pembentukan Pulau Jawa tidak terlepas dari pembentukan lempeng mikro Sunda (*Sundaland*) seperti dibahas sebelumnya. *Timeline*-nya berlangsung sejak jutaan tahun lalu

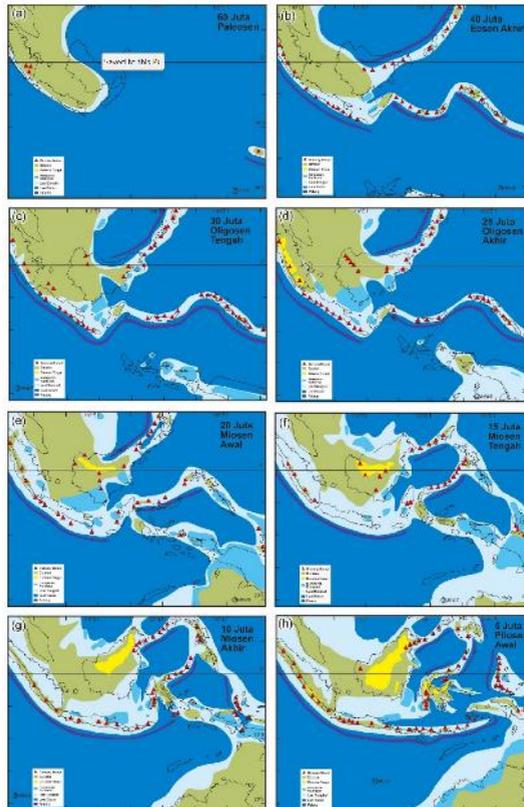
karena adanya proses geologi, dan bentuk Sundaland, khususnya Pulau Jawa berada pada posisi dan bentuk berbeda-beda yang digambarkan dalam peta paleogeografi *Sundaland* (Gambar 3).



Gambar 2. Topografi dan sesar aktif utama (major structure) di Asia Timur dan Tenggara serta keterdapat Lempeng Mikro Sunda (Sundaland) dalam zona konvergen tiga lempeng besar Eurasia, Filipina, dan Indo-Australia. Panah hitam menandakan pergerakan relatif masing-masing lempeng. Batas lempeng dan sesar utama diambil dari Metcalfe (2011) dan peta dasar dari www.geomapapp.org / CC BY Ryan dkk., 2009.

Uraian singkat paleogeografi secara regional tersebut dapat adalah sebagai berikut: selama Kapur Akhir dan Kenozoikum Awal terdapat kerak samudera proto-Laut Cina Selatan di sebelah utara tanjung *Sundaland*, dengan batas pasif (tidak adanya kegiatan subduksi) di sisi selatannya (Gambar 2 (a)). Di sebelah selatan dan timur terdapat kerak samudera lempeng Australia. Pada saat ini kepulauan Nusantara belum terbentuk secara utuh.

Sekitar 45 juta tahun lalu, Australia mulai bergerak ke utara dan batas subduksi terbentuk di sekitar Sundaland. Sebagian besar Sundaland muncul dan beberapa sungai besar mengalir ke selatan dan timur dengan mengendapkan sedimen klastik di sebagian besar Jawa dan Kalimantan Tenggara (Gambar. 2 (a)).



Gambar 3. Paleogeografi Lempeng Mikro Sunda (Sundaland). Gambar (a) sampai (h) memperlihatkan roman muka bumi purba (paleogeografi) Paparan Sunda semenjak 60 juta tahun lalu atau zaman Paleosen hingga 5 juta tahun lalu atau zaman Pliosen. Peta perubahan muka bumi tersebut memperlihatkan bentuk dan posisi pulau-pulau di Nusantara, penyebaran dataran dan lautan baik laut dalam dan laut dangkal, hingga penyebaran gunung berapi purba. Perubahan roman muka bumi (paleogeografi) tersebut diakibatkan kegiatan tektonik di wilayah Sundaland dari kurun waktu tersebut. Gambar paleogeografi modifikasi dari Hall, 2002, 2009, 2012.

Dari Eosen Akhir, aktivitas vulkanik di Sumatera berada di tepi benua Sundaland, sedangkan di Jawa aktivitas vulkanik lepas pantai dan bawah laut, atau terkait dengan pulau-pulau kecil agak jauh dari benua (Gambar 2(b)). Busur Sunda mungkin dipengaruhi aktivitas vulkanik dari segmen margin Sulawesi Barat dan berlanjut

ke timur melalui Sulawesi Utara hingga busur Filipina Timur hingga Halmahera. Sejak Eosen, Selat Makassar merupakan pembatas utama ke arah timur antara benua Sundaland dan daerah-daerah yang muncul di Sulawesi Barat. Sepanjang periode ini terdapat celah samudera yang lebar dan perairan dalam yang memisahkan Sundaland dan Sulawesi Barat dari Sula Spur dan batas utara Australia di New Guinea di mana terdapat pengendapan karbonat laut dangkal yang tersebar luas (Gambar 2 (c), (d)). Pasti ada palung yang dalam di sepanjang tepi timur *Sundaland* yang membentang hingga ke Pasifik Barat.

Setelah tubrukan batas benua Cina Selatan dengan batas aktif Kalimantan Utara, gunung-gunung terangkat di Kalimantan sejak Miosen Awal (Gambar 2 (e)). Kalimantan telah berkembang secara bertahap menjadi pulau besar saat ini dengan munculnya sebagian besar daratan di utara dan timur. Sejak Miosen Awal hingga Tengah (20 sampai 15 juta tahun lalu), terjadinya proses geologi tumbukan antara bagian sisi timur Sundaland dengan lempeng-lempeng mikro yang membentuk kepulauan Indonesia bagian timur (Gambar 2 (e) dan (f)).

Sekitar 10 juta tahun lalu, bentukan rupa bumi Sundaland sudah mulai terlihat (Gambar 2(g)), sedangkan kepulauan di sebelah timur dari Sundaland belum terbentuk seutuhnya. Proses geologi berlangsung hingga terjadi lagi reorganisasi lempeng-lempeng bumi.

Reorganisasi lempeng regional lebih lanjut telah terjadi di beberapa juta tahun terakhir (Gambar 2 (h)). Di bagian barat, Sumatera dan Jawa muncul secara progresif dari barat ke timur. Di Sumatera, Pegunungan Barisan mulai terangkat pada Miosen Awal atau Tengah, tetapi sebagian besar, Kala Miosen membentuk rantai pulau-pulau lepas pantai (Barber et al. 2005). Sebagian besar Sumatera dan Jawa terangkat di atas permukaan laut dan muncul hingga ukurannya sekarang dan sebagian besar Jawa Timur terus menjadi tempat pengendapan laut hingga akhir Pliosen atau bahkan Pleistosen.

Tektonika Cianjur dan Jawa Bagian Barat

Cianjur secara tektonika merupakan bagian dari tektonik Jawa Bagian Barat dan dalam bagian dari Pulau Jawa sebagai pulau terluar dari busur selatan Asia. Dengan adanya penunjaman (Gambar 2 (g) dan (h)), Pulau Jawa memiliki kondisi geologi yang unik dan rumit, yaitu dengan adanya kompleks melange di Teluk Ciletuh, sebagai representasi dari zona pencampuran antara batuan kerak samudera dan dengan batuan kerak benua yang terdiri dari batuan metamorf, vulkanik, dan batuan beku (Sukamto, 1975; Gafoer dan Samodra, 1993; Satyana dkk., 2021).

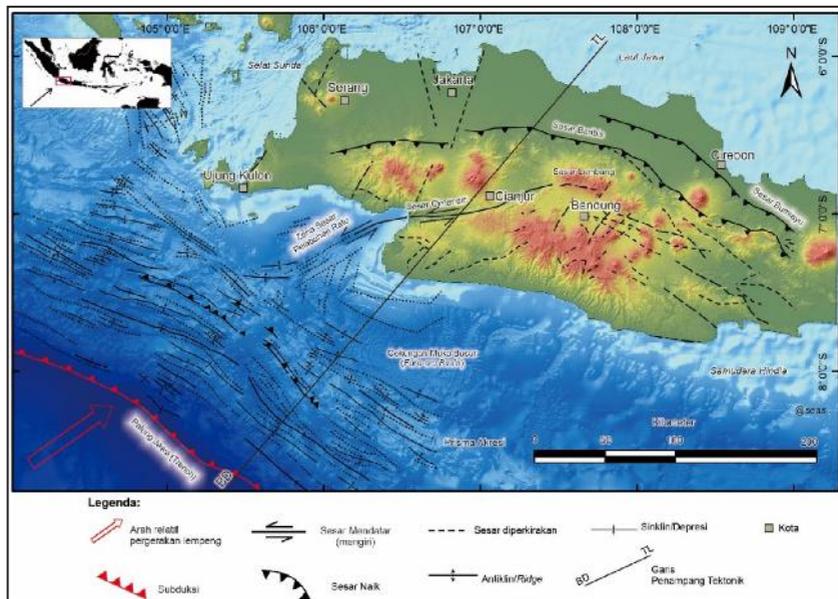
Secara singkat, tektonika Cianjur dan Jawa Bagian Barat dimulai pada zaman Paleosen dengan terbentuknya kompleks melange di Teluk Ciletuh yang diduga sebagai bagian zona penunjaman ke arah Jawa Tengah hingga menerus ke arah Meratus (Kalimantan). Hasil penunjamannya terbentuk endapan hasil gunung api yang terendapkan di utara Jawa barat di antaranya Formasi Jatibarang. Pada Kala Eosen (Gambar 2(b)), Jawa Bagian Barat pada kondisi benua yang ditandai adanya ketidakselarasan, pada saat itu daerah Sukabumi– Cianjur – Rajamandala merupakan area yang diendapkan dalam lingkungan sungai kemudian dengan kehadiran Formasi Gunung Walat yang mengisi depresi cekungan muka busur (*inter-arc basin*).

Pada Kala Oligosen Awal ditandai oleh ketidakselarasan pada puncak Gunung Walat berupa batupasir kwarsa (Effendi dkk, 2011), yang menunjukkan suatu tektonik pengangkatan (*uplift*) di seluruh daerah Jawa Bagian Barat. Proses geologi berlangsung terus hingga kala Oligosen Akhir yang diawali dari transgresi muka laut dari tenggara ke arah barat laut serta menyebabkan Bogor Trough yang berkembang di tengah Jawa Bagian Barat dan memisahkan Paparan Sunda utara dan selatan. Sejak Kala Oligosen Awal peristiwa pengangkatan berlangsung hingga Miosen Awal bersamaan dengan aktivitas vulkanik yang menghasilkan struktur lipatan dan sesar dengan arah barat daya-timur laut. Salah satu sesar besar di Jawa Bagian Barat adalah Sesar Cimandiri yang berjenis sesar naik pada Kala Miosen Awal dan pada Pliosen Akhir mengalami pens-

esaran mendatar (Dardji dkk., 1994; Clements dkk, 2009; Effendi dkk, 2011; Supartoyo dkk, 2013; Marliyani dkk, 2016)

Pada zaman Kuartar peristiwa geologi banyak diwarnai oleh aktivitas vulkanik sehingga pada seluruh permukaan tertutupi oleh satuan produk gunung api (Gambar 2 (h)). Daerah Cianjur dan sekitarnya tidak terkecuali, karena tertutupi dengan produk Gunung Api Gede.

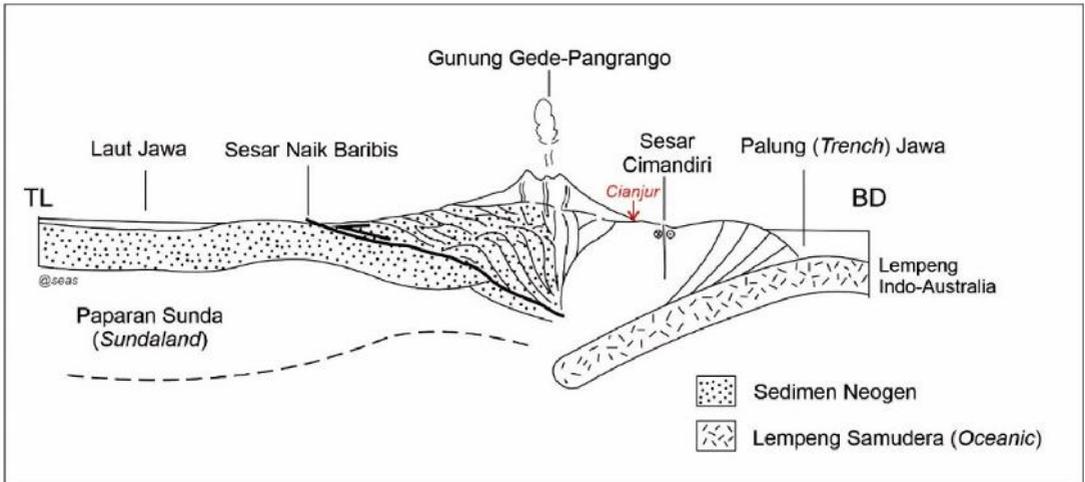
Selama proses geologi, pergerakan lempeng menyebabkan perubahan bentuk batuan yang dikenal deformasi kerak bumi, yang salah satu produknya yaitu struktur patahan atau sesar. Pulau Jawa telah mengalami beberapa kali proses tektonik hingga terbentuk sampai sekarang. Roman muka bumi bagian baratnya dengan komponen struktur geologi regional berupa patahan/sesar utama dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta struktur utama Jawa Bagian Barat. Pola struktur diperrairan merupakan hasil dari interpretasi penampang seismik (Malod dkk., 1995) dan pola struktur daratan hasil modifikasi dari (Soehaimi dkk., 2004; Kertapati, E. K., 2006). Penampang tektonik dapat dilihat pada gambar berikutnya (Gambar 5).

Gambar 4 memperlihatkan pola struktur utama di wilayah Pulau Jawa Bagian Barat meliputi wilayah Provinsi Jawa Barat, Banten, dan DKI Jakarta. Di bagian daratan terdapat pola struktur sesar naik yaitu Sesar Baribis dan Sesar Bumiayu, yang keduanya berarah relatif barat timur dengan komponen blok naik sebelah selatan dan blok turun bagian utara. Bagian naik blok sesar ini ditandakan dengan simbol gerigi pada garis sesar. Kedua sesar tersebut merupakan sesar aktif dan mengakibatkan beberapa kejadian gempa bumi, selanjutnya bahasan gempa bumi akibat aktivitas ke dua sesar tersebut akan di bahas pada bahasan genetika gempa bumi Cianjur. Di tengah Jawa Bagian Barat ini melintang sesar mendarat dari teluk Palabuhan Ratu hingga ke arah Sukabumi dan Cianjur, yang dinamakan Sesar Cimandiri. Arah gerak sesarnya berupa gerak mendatar mengiri dan terbagi menjadi beberapa segmen dan ada juga yang memisahkan Sesar Cimandiri dengan Sesar Rajamandala. Sesar Cimandiri dan Sesar Rajamandala erat kaitannya dengan kondisi tektonik dan geologi daerah Cianjur dan sekitarnya. Pada gambar terlihat pula beberapa sesar diperkirakan seperti di daerah Serang, daerah Jakarta, dan di daerah Priangan Timur seperti Garut dan Tasikmalaya.

Sedangkan di perairan berkembang suatu pola subduksi antara Lempeng Samudera Indo-Australia yang menelusup ke Paparan Sunda seperti terlihat pada Gambar 5. Di perairan selatan Jawa khususnya sekitar Ujung Kulon dan Teluk Palabuhan Ratu berkembang pola lipatan antiklin dan sinklin. Pola lipatan ini akibat gaya endogen pergerakan relatif arah Lempeng Indo-Australia seperti digambarkan arah panah warna merah pada Gambar 5.



Gambar 5. Sketsa penampang tektonik Jawa Bagian Barat (tanpa skala). Sketsa tersebut memperlihatkan zona tunjaman di selatan Jawa berupa Lempeng Samudera Indo-Australia menumbuk Lempeng Benua Sunda/Paparan Sunda. Wilayah Cianjur terletak di kaki Gunung Gede-Pangrango dan dekat dengan zona Sesar Cimandiri.

Penggambaran saling menelusupnya kedua lempeng dapat dilihat pada sketsa penampang tektonik Jawa Bagian Barat seperti pada Gambar 5. Arah penampang tersebut dari bagian selatan Pulau Jawa dengan tanda BD (Barat Daya) hingga Laut Jawa dengan tanda TL (Timur Laut). Di barat daya terdapat Palung Jawa (*Trench*), pada bagian ini terlihat Lempeng Indo-Australia berupa lempeng samudera (*oceanic*) menelusup ke bawah Paparan Sunda (*Sundaland*). Akibat dorongan gaya endogen dari menelusupnya Lempeng Indo-Australia terbentuklah tinggian di atas palung tersebut yang dikenal dengan prisma akresi (Gambar 4), prisma akresi merupakan sesar naik yang mengangkat akibat proses penumbukan atau penunjaman dan salah satu daerah rawan gempa bumi karena berada di atas pusat-pusat gempa bumi. Di daerah ini terbentuk pola deretan tinggian atau *ridge* dan zona depresi, pola ini membentuk lipatan antiklin dan sinklin (Gambar 4).

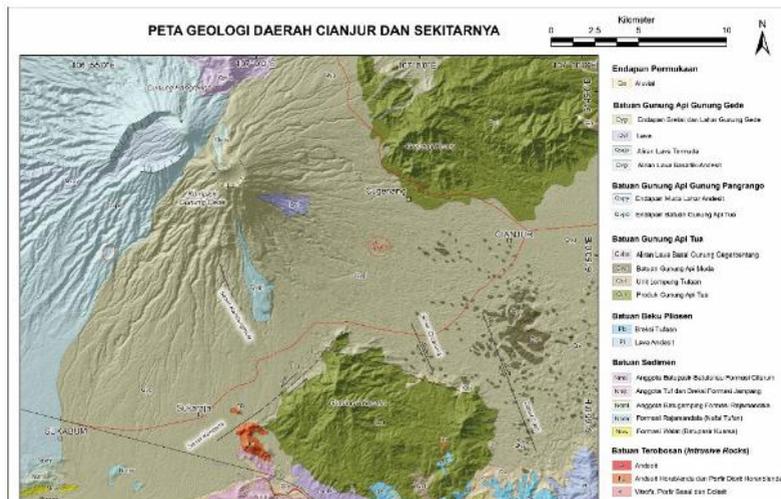
Sesar Cimandiri yang merupakan terusan dari zona sesar Palabuhan Ratu (Gambar 4 dan Gambar 5), terlihat membentuk suatu garis yang seolah-olah merobek lapisan bumi. Tumbukan kedua lempeng ini mengakibatkan aktivitas gunung api, yaitu Gunung Gede-Pangrango digambarkan tepat di atas daerah menelusupnya Lempeng Indo-Australia. Gaya endogen juga mengakibatkan energi yang mengangkat dan membentuk pola endapan sedimen di utara Gunung Gede, melalui proses geologi yang berlangsung ber-juta-juta tahun terbentuklah deformasi di batuan sedimen tersebut yang mengakibatkan pensesaran yang disebut Sesar Baribis. Ke arah timur laut dari Sesar Baribis terdapat hamparan Laut Jawa yang dialasi batuan sedimen berumur Neogen dan merupakan bagian dari Paparan Sunda (*Sundaland*). Kota Cianjur sendiri terletak di kaki Gunung Gede-Pangrango seperti terlihat dengan tulisan cetak merah.

Struktur Geologi di Cianjur

Kondisi geologi daerah Cianjur dapat dilihat pada Gambar 6, yang memperlihatkan sebaran batuan dan struktur sesar. Bentang alam daerah Cianjur terbentuk pada kaki Gunung Gede-Pangrango dan merupakan daerah yang subur (Gambar 7 (a)). Di sebelah tenggara kaki Gede terdapat bentukan alam berupa bukit-bukit kecil tersusun atas batuan Gunung Gede. Bukit-bukit ini akibat longsoran purba (*debris avalanches*), dapat dilihat pada Gambar 7 (b). Longsoran purba tersebut dihasilkan dari bahaya katasrofik runtuhnya Gunung Gede pada zaman purba. Bentang alamnya merupakan bentuk lahan yang unik, dan membentuk seperti kipas di bagian selatan Cianjur.

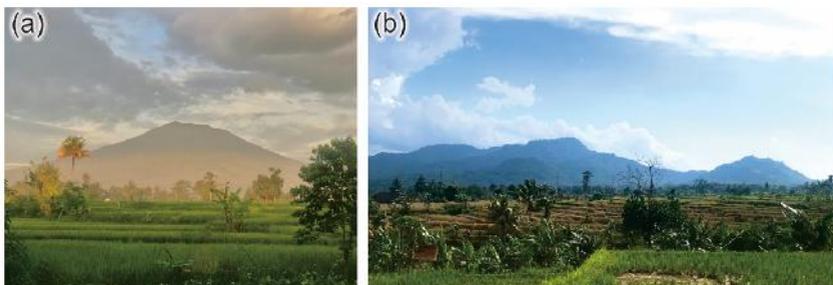
Secara umum daerah Cianjur dan sekitarnya ditutupi beraneka ragam batuan yang dibedakan menjadi beberapa klasifikasi dan diurutkan dari umur paling muda ke umur paling tua sebagai berikut:

- Endapan permukaan berupa dataran *aluvial* yang tersebar di bagian selatan Cianjur tepatnya di kompleks-kompleks Gunung Kencana. Endapan didominasi oleh lempung, lanau, pasir, dan kerikil, terutama endapan sungai sekarang.
- Batuan Gunung Api Gede yang bisa dibedakan menjadi endapan breksi dan lahar gunung gede, lava, aliran lava termuda, dan aliran lava basaltik – andesit. Penyebaran batuan ini hamper menutupi daerah Cianjur di sebelah utara, tengah, selatan, bahkan sampai menutupi wilayah Sukabumi bagian timur. Contoh singkapan batuan breksi dan lahar terdapat di daerah Longkewang (Gambar 8), Desa Gasol, Kecamatan Cugenang, Kabupaten Cianjur, merupakan salah satu daerah terdampak kerusakan cukup parah akibat gempa bumi 21 November 2022.



Gambar 6. Peta Geologi daerah Cianjur dan sekitarnya. Peta ini memperlihatkan sebaran batuan di daerah Cianjur, Sukabumi bagian timur, wilayah Cugenang, dan kompleks Gunung Api Gede dan Pangrango. Sebaran batuan di daerah tersebut hasil modifikasi dari Peta Geologi Skala 1:100.000 lembar Cianjur (Sudjtmiko, 2003), lembar Bogor (Effendi dkk., 2011), sedangkan pola struktur sesar modifikasi dari Peta Geologi Gunung Api Gede Skala 1:50.000 (Situmorang dan Hadisantono, 1992).

- Batuan Gunung Api Pangrango yang dibedakan menjadi endapan muda lahar andesit dan endapan batuan gunung api tua. Penyebaran batuan ini di bagian barat laut peta dan menutupi hampir seluruh bentang alam Gunung Pangrango.
- Batuan Gunung Api Tua merupakan batuan hasil produk gunung api purba, yaitu gunung yang terbentuk sebelum adanya Gunung Gede-Pangrango sekarang. Batuan tersebut berupa aliran lava basal Gunung Gegerbentang di sebelah utara kompleks Gunung Gede, sedangkan produk gunung api tua menutupi Gunung Kencana dan Gunung Besar.
- Batuan beku Pliosen berupa breksi tufan dan lava andesit tersebar bagian selatan peta. Batuan beku ini lebih tua umurnya daripada batuan gunung api sebelumnya.
- Batuan sedimen berumur Neogen yang terdiri dari anggota batupasir dan batulanau Formasi Citarum, anggota tuf dan breksi Formasi Jampang, anggota batugamping Formasi Rajamandala, Formasi Rajamandala sendiri terdiri dari batuan nalfal tufan. Batuan sedimen berupa Formasi Walat dengan komponen utama berupa batupasir kuarsa.
- Batuan terobosan berupa batuan andesit, andesit horblenda dan porfir, dan vitrofil porfir basal dan dolerite. Umumnya batuan ini membentuk bentang alam intrusi.



Gambar 7. (a) Foto bentang alam Gunung Api Gede foto diambil dari kota Cianjur ke arah utara. (b) Bentang alam perbukitan akibat longsoran purba (debris avalanche) di daerah Jambudipa.

Struktur geologi di daerah Cianjur relatif sedikit karena daerah ini hampir tertutup batuan vulkanik sehingga indikasi sesar di permukaan sulit ditemukan, tetapi tidak menutup kemungkinan juga sesar tertimbun di bawah endapan gunung api.

Salah satu temuan sesar di daerah Cianjur yang berdekatan dengan pusat gempa bumi 21 November 2023 yaitu Sesar Kencana. Sesar ini ada di sebelah barat daya dari pusat gempa. Sesar ini mempunyai arah gerak relatif mendatar mengiri dengan arah timur laut-barat daya. Salah satu penanda sesar ini berupa terpisahnya bukit yang tersusun batuan beku andesit horblenda (simbol batuan dengan kode ha) di sebelah barat kompleks Gunung Kencana, seolah-olah sesar ini memotong dan memisahkan kedua blok batuan tersebut. Gerak sesar tersebut melalui proses geologi dari masa lampau dan meninggalkan jejak berupa cermin sesar di daerah Cireungas pada batuan yang tersingkap di dinding perbukitan yang tertoreh seperti di perlihatkan pada Gambar 9. Kemenerusan Sesar Kencana ini ke arah Kota Cianjur dan Cugenang masih tanda tanya, karena belum ditemukannya bukti jejak sesar tersebut karena tertutup batuan produk Gunung Gede. Oleh karena itu, penyelidikan bawah permukaan dengan metode geofisika diperlukan untuk memastikan keberadaan sesar tersebut.



Gambar 8. Foto salah satu singkapan batuan endapan breksi dan lahar produk gunung api Gede. Breksi laharik dengan komponen utama batuan andesit dengan masa dasar pasiran (a). Foto (b) merupakan perbesaran masa dasar pasiran dan komponen andesit. Foto diambil di Sungai Longkewang, Desa Gasol dengan koordinat lokasi 10705'46,8" Bujur Timur dan 6048'58,76" Lintang Selatan.

Sesar berikutnya yaitu dua sesar yang sejajar paralel di selatan Kota Cianjur yang diberi nama Sesar Cisarandi dan Sesar Cijati. Kedua sesar tersebut berarah relatif barat laut-tenggara dengan arah pergerakan masih dipertanyakan karena belum ditemukannya jejak sesar yang pasti, sementara ini penulis menginterpretasikan keberadaan sesar berdasarkan aspek morfologi dengan bergesernya bukit-bukit kecil sebagai bentukan longsoran purba (*debris avalanches*). Kedua sesar tersebut juga telah di petakan oleh penyelidik sebelumnya dalam pemetaan geologi gunung api Gunung Gede (Situmorang dan Hadisantono, 1992). Ke arah barat laut dari Kota Cianjur, tepatnya di lereng Gunung Gede juga terdapat sesar turun di mana blok bagian barat yang naik dan blok bagian timur yang turun, sesar ini oleh pemeta sebelumnya dinamakan Sesar Kandangkuda dengan arah relatif utara-selatan. Sesar turun ini terbentuk karena deformasi pada batuan endapan breksi dan lahar Gunung Gede.

Sesar Kencana merupakan sesar yang arahnya sama dengan pola arah Cimandiri yaitu berarah timur laut-barat daya, sedangkan Sesar Cisarandi dan Sesar Cijati bisa diinterpretasikan sebagai orde kedua dari Sesar Cimandiri. Keberadaan sesar-sesar ini bisa menjadi pertimbangan sebagai penyebab gempa bumi Cianjur mengingat lokasi keberadaan sesar-sesar tersebut dekat terhadap pusat gempa bumi 21 November 2022. Namun, penyelidikan lebih lanjut diperlukan untuk memastikan keberadaan sesar-sesar tersebut di bawah tutupan lahan oleh batuan gunung api.

Selanjutnya, salah satu fenomena geologi pada bentang alam Gunung Gede-Pangrango adalah Maar Situ Gunung di wilayah Kabupaten Sukabumi, yaitu danau yang terbentuk karena sifat erupsi yang eksplosif atau letusan yang kuat oleh letusan freatomagmatik (sebuah ledakan yang terjadi ketika air datang ke dalam kontak dengan panas, lava atau magma).

Data geologi ini sangat penting untuk mitigasi bencana geologi ke depannya, karena dengan mengenal sifat umum batuan sep-



Gambar 9. Jejak Sesar Kencana. Foto (a) diambil dari bagian barat dari Gunung Kencana yang menyingkap jejak sesar dengan arah dominan Timor Laut – Barat Daya dengan tanda kotak merah, keberadaan sesar tersebut dapat dilihat di peta geologi (lihat Gambar 6) dan berlokasi di desa Cireungas, termasuk wilayah Sukabumi. Foto (b) merupakan perbesaran jejak Sesar Kencana (dibatasi garis hitam), foto diambil oleh (credit photo) Budiyanto (Budi Gondrong).

erti batuan endapan breksi dan laharik sebagai produk gunung api merupakan batuan berumur muda dalam skala waktu geologi dan mempunyai sifat tidak kompak (*unconsolidated rocks*). Batuan ini akan mengalami penguatan gelombang ketika gempa bumi terjadi dan mudah mengalami guncangan, seperti halnya yang terjadi di Cianjur tanggal 21 November 2022. Selain itu, informasi struktur patahan atau patahan aktif sangat diperlukan dalam upaya mitigasi akibat bahaya sesar tersebut tepatnya aktivitas sesar yang mengakibatkan gempa bumi.

Tektonika sebagai motor penggerak pergerakan lempeng akan terus bergerak dan berproses seiring waktu, dan akan mengeluarkan energi secara terus menerus dan menekan batuan. Suatu saat batuan tersebut akan pecah dan menimbulkan energi berupa gempa bumi. Selanjutnya kita manusia harus hidup harmonis dengan motor penggerak yang aktif, *living harmony on the active earth!*

*Bekerja di Pusat Survei Geologi (PSG).

Investigasi Cugenang: Menguak Misteri Genetika Gempa Cianjur untuk Melawan Lupa Kala Gempa Melanda

Oleh: Sukahar Eka Adi Saputra, Joko Wahyudiono, Nannang Suryono, S.R.
Sinung Baskoro*

“Patahan berarah Utara-Barat daya – Selatan-Tenggara berkedudukan arah jurus dan kemiringan N3470E/520 yang melewati daerah Cugenang merupakan patahan penyebab gempa bumi Cianjur dan mempunyai sifat gerak mendatar mengangan. Temuan ini juga menunjukkan korelasi dengan arah patahan gempa dan berasosiasi dengan kerusakan di permukaan. Tetapi, tidak semua retakan permukaan tersebut berasosiasi dengan patahan gempa tetapi terbentuk karena pengaruh gerakan tanah (land movement) sebagai akibat efek guncangan gempa”.

Gempa bumi Cianjur yang terjadi tanggal 21 November 2022 masih menjadi misteri dalam kalangan ahli kebumihan terutama dalam hal penentuan patahan penyebab gempa tersebut. Misteri tersebut dikarenakan bumi Cianjur, khususnya daerah Cugenang sebagai tempat yang banyak kerusakan tertutupi batuan vulkanik yang cukup tebal, sehingga sulit untuk para ahli kebumihan melihat langsung patahan gempa yang miners dari permukaan hingga kedalaman tertentu (*fault surface rupture*). Ada perbedaan pendapat dalam menguak misteri patahan/sesar di Cugenang, di antaranya gempa bumi tektonik tersebut disebabkan oleh sesar bawah permukaan (*subsurface fault*) dalam Sistem Sesar Cimandiri atau sesar bawah permukaan lain di luar system itu. Perbedaan lain adalah gempa bumi tektonik tersebut disebabkan oleh arah umum sesar permukaan berarah utara-barat laut – selatan-teng-

gara (NNW-SSE) atau disebabkan arah umum sesar bawah permukaan timur-timur laut – barat-barat daya (ENE-WSW).

Tulisan ini bertujuan dalam menyingkap tabir misteri sesar atau patahan yang di bawah bumi Cianjur dan sekitarnya terutama daerah Cugenang dengan menentukan kedudukan dan arah umum sesar bawah permukaan penyebab terjadinya gempa bumi tektonik di Cianjur dan sekitarnya tanggal 21 November 2022. Kami juga bertujuan menentukan arah umum sesar permukaan penyebab kerusakan bangunan infrastruktur di Cugenang dan daerah lain sekitarnya. Publik pasti akan bertanya kenapa muncul ada dua istilah atau apa bedanya antara *SE SAR BAWAH PERMUKAAN (SUB-SURFACE FAULT)* dan *SE SAR PERMUKAAN (SURFACE FAULT)*? Hal ini dikarenakan pusat gempa bumi atau episenter terjadi di kedalaman lebih dari 10 km dan adanya pola retakan dipermukaan akibat perlepasan energi dari pusat gempa tersebut yang membentuk pola deformasi tertentu.

Dengan mengetahui perbedaan kedudukan dan arah umum kedua sesar tersebut baik sesar bawah permukaan dan sesar permukaan, diharapkan kita dapat mengetahui dan menentukan sifat hubungan keterkaitan antara sesar bawah permukaan sebagai penyebab gempa bumi (karena episenter di kedalaman 10 km) dengan sesar permukaan yang menyebabkan kerusakan infrastruktur.

Untuk menguak misteri tersebut, kami menggunakan beberapa data untuk analisis sesar tersebut yaitu data fokal mekanisme sesar bawah permukaan penyebab gempa bumi Cianjur dari USGS, GFZ, dan BMKG. Kemudian kami juga menganalisis hasil penyelidikan pasca gempa bumi Cianjur yang dilakukan tim Badan Geologi, berupa data geologi struktur dan geofisika yang diakusisi oleh unit kerja Pusat Survei Geologi pada November- Desember 2022.

Analisis Fokal Mekanisme Gempa bumi

Analisis fokal mekanisme gempa didapat dari tiga lembaga yang kompeten mengeluarkan parameter gempa bumi yaitu, BMKG/Ina TEWS, *GeoForschungsZentrum/German Research Centre for Geosciences (GFZ)*, dan *United State Geological Survey (USGS)*. Param-

eter gempa yang didapat meliputi episenter gempa, kedalaman/hiposenter, dan 2 nodal plane. Tabel 1 memperlihatkan parameter focal mekanisme gempa bumi dari ke tiga agency tersebut.

Bagi para ahli seismologi, kedua solusi bidang sesar (*nodal plane*/NP) tersebut mempunyai makna keberadaan patahan bawah permukaan (*fault plane*) dan garis patahan khayal (*auxiliary plane*) dalam menginterpretasi bidang patahan penyebab gempa bumi. Kemudian ke dua solusi bidang sesar tersebut di cocokan dengan data di lokasi kejadian gempa bumi, misal untuk kasus Cianjur kami membandingkan hasil solusi bidang sesar dengan hasil pengamatan satelit yang dikeluarkan oleh INSAR-EOS dan re-takan permukaan yang kami temui di lapangan. Oleh karena itu, kami menginterpretasikan jenis sesar kedalam dua versi, versi 1 dan versi 2 dengan penjelasan sebagai berikut:

Pertama data yang kita olah yaitu focal mekanisme gempa yang dihasilkan oleh USGS yang diakses pada web lembaga tersebut. Data focal mekanisme tersebut menghasilkan beberapa parameter seperti tampak terlihat pada Gambar 1. Fokal mekanisme sesar bawah permukaan penyebab gempa bumi Cianjur tanggal 21 November 2022 dari USGS:

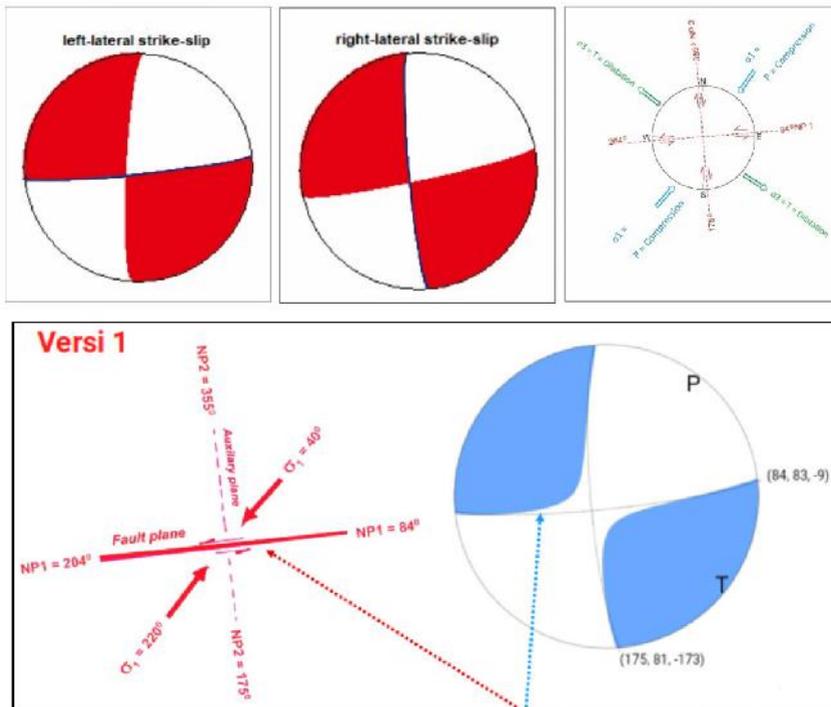


Gambar 1. Data focal mekanisme gempa dari USGS untuk gempa Cianjur.

Dari data focal mekanisme tersebut dapat diketahui kedalaman 19 km dengan magnitudo 5,49 Mwb, dan di dapat 2 pola solusi bidang sesar atau Nodal Plane (NP). NP1 berarah relatif barat – timur (Strike 840, Dip 830, Rake-90) dan NP2 berarah relatif

Utara-Barat laut – Selatan-Tenggara (Strike 1750, Dip 810, Rake -1730). Perngolahan fokal mekanisme juga menghasilkan arah tegasan maksimum berarah timur laut – barat daya atau kelurusan 400 – 2200.

Analisis Patahan Gempa dari Solusi Bidang Sesar Fokal Mekanisme Versi 1 terbitan USGS dengan asumsi NP1 sebagai bidang sesar dan NP2 sebagai *auxiliary plane*:



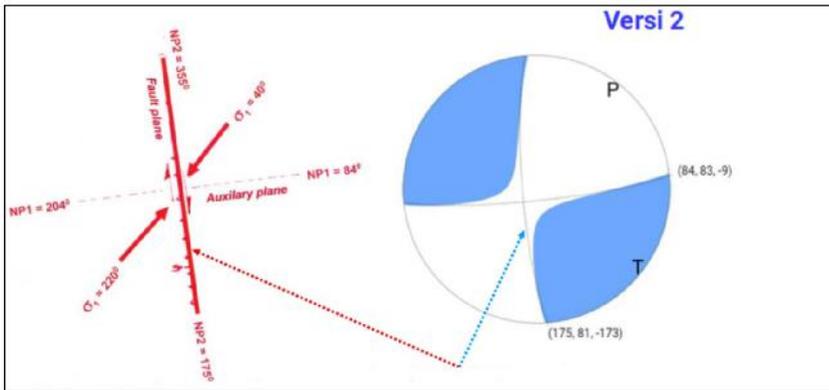
Gambar 2. Interpretasi jenis sesar dari Fokal Mekanisme gempa bumi (USGS) versi 1.

Nodal plane fokal mekanisme (USGS) Sesar NP1: N840E – N2640E merupakan jenis sesar mengiri (*left slip fault*) diduga merupakan sesar orde 2, tipe sesar penyerta dari Sistem Sesar Cimandiri segmen Rajamandala dengan arah umum tegasan N400E – N2200E di kedalaman (*hypocentre*) 19 km pada zona *Ductile shear zone*.

Tabel 1. Data nodal plane focal mekanisme gempa bumi Cianjur 21 November 2022 dan pengolahan jenis sesar.

Sumber	Epicenter		Gedalaman (km)	Magnitudo (Mw)	Nodal Plane 1			Nodal Plane 2			Interpretasi jenis Sesar/arah Motion Nodal Plane	Interpretasi jenis Sesar/arah Motion Nodal Plane	Prinsipal Axes/ Sistem Tegangan		
	Longitude/ Rupa Bumi Timur	Latitude/ Rupa Bumi Selatan			Strike	Dip	Rake/ Slip	Strike	Dip	Rake/ Slip			T (Plunge/ Azimuth)	N (Plunge/ Azimuth)	P (Plunge/ Azimuth)
ICZ	107.02°E	6.81°S	10	5.5	348	88	177	78	88	0	2	Murni (mengikuti arah) strike slip	225/20°	277/44°	0/23°
BMKG	107.02°E	6.84°S	11	5.59	347	87	177	255/55	87/27	2/91	1	Mendatar (mengikuti arah) strike slip	227/20°	277/44°	0/23°
USGS	106.99°E	6.82°S	19	5.29	84	83	9	175	81	173	1	Mendatar (mengikuti arah) strike slip	227/20°	277/44°	0/23°

Analisis Patahan Gempa dari Solusi Bidang Sesar Fokal Mekanisme Versi 2 terbitan USGS dengan asumsi NP2 sebagai bidang sesar dan NP1 sebagai *auxiliary plane*:

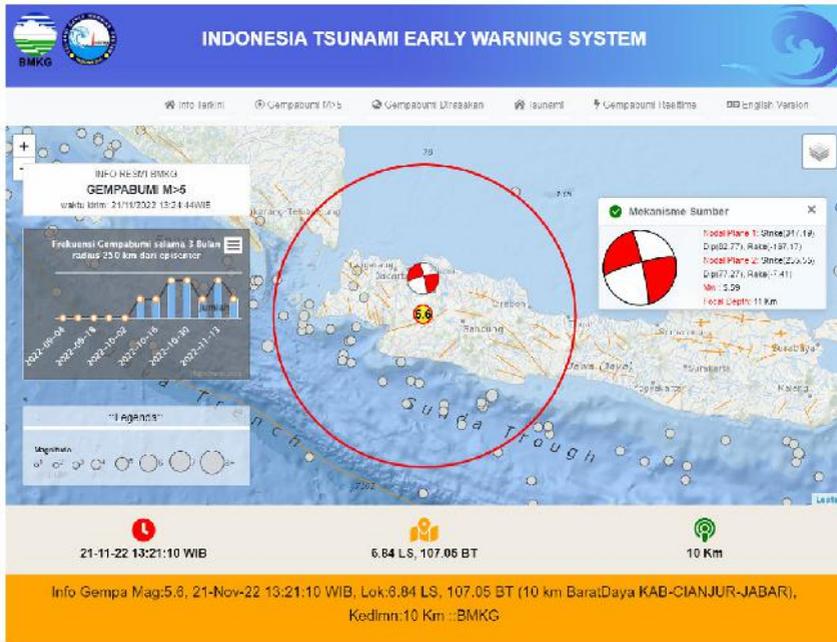


Gambar 3. Interpretasi jenis sesar dari Fokal Mekanisme gempa bumi (USGS) versi 2.

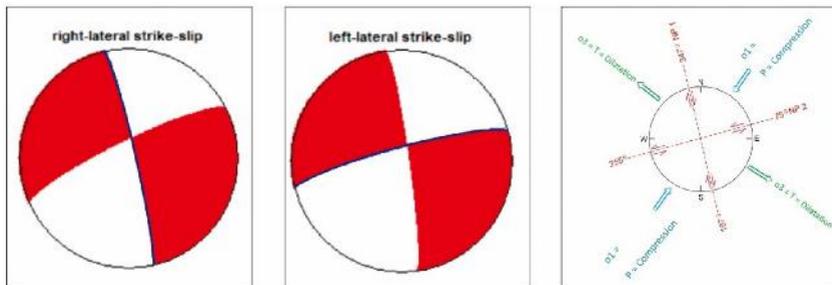
Nodal plane fokal mekanisme (USGS) sesar NP2: N3550E – N1750E merupakan tipe sesar menganan dengan adanya komponen naik (*reverse-Right slip fault/Dextral strike slip fault*) diduga merupakan Sesar Antithetic orde 1 pasangan conjugate dari sesar Cimandiri segmen Rajamandala dengan dipengaruhi arah tegasan maksimum N400E – N2200E pada hiposenter 19 km dan masih pada zona Ductile shear zone.

Kemudian kita juga melakukan analisis solusi bidang sesar dari Fokal Mekanisme gempa bumi yang dikeluarkan oleh BMKG/InaTEWS dengan parameter pada gambar 4 berikut:

Analisis Patahan Gempa dari Solusi Bidang Sesar Fokal Mekanisme Versi 1 terbitan BMKG dengan asumsi NP1 sebagai bidang sesar dan NP2 sebagai *auxiliary plane*, dan juga sebaliknya untuk analisis Versi 2 sebaliknya, NP2 sebagai bidang sesar dan NP1 dianggap sebagai *auxiliary plane* yang dihasilkan pada gambar sebagai berikut,



Gambar 4. Data focal mekanisme gempa dari BMKG untuk gempa Cianjur. Hiposenter gempa tersebut pada kedalaman 11 km dengan magnitudo 5,59 Mw.



Gambar 5. Analisis solusi bidang sesar dari focal mekanisme terbitan BMKG.

Analisis solus bidang sesar BMKG menghasilkan sesar mengangan (right-lateral strike slip) untuk Nodal Plane/NP1 (Strike 3470, Dip 82,770, Rake 167,170) dan sesar mengiri (left-lateral strike slip)

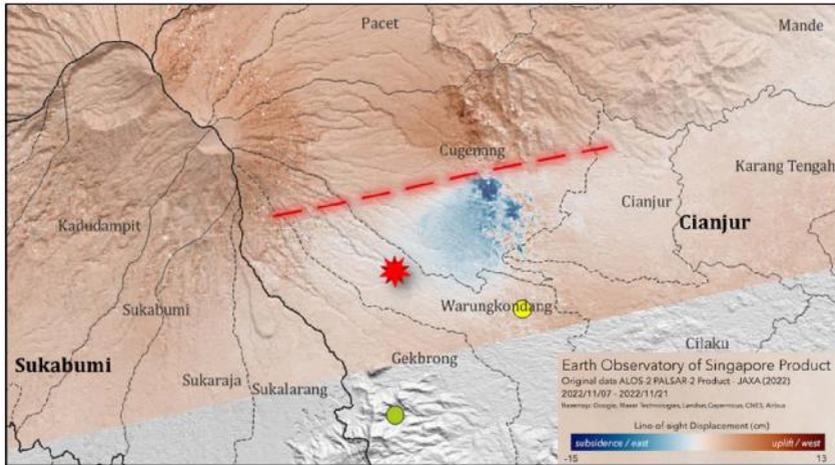
untuk Nodal Plane/NP2 (Strike 255,550, Dip 77,270, Rake-7,410). Sesar dengan arah (N750E – N2550E) merupakan tipe sesar mendatar mengiri (*sinistral strike-slip fault*) dan masih diduga dikendalikan oleh arah tegasan maksimum relatif timur laut – barat daya atau N450 – N2550E, terletak dalam zona wilayah sistem Sesar Cimandiri segmen Rajamandala.

Dari perbandingan interpretasi solusi bidang sesar dari ke dua Fokal Mekanisme baik dari USGS dan BMKG terdapat kesamaan dua arah nodal plane yaitu arah relatif Timur laut-Barat daya namun berbeda arah bidangnya, USGS mencatat N840E/830 artinya bidang kemiringan kearah selatan sedangkan dan BMKG mencatat N2550E/770 dengan kemiringan relatif kearah timur laut. Arah nodal plane yang lain yaitu relatif Utara-Barat laut – Selatan-tenggara, USGS mencatat N1750E/810 arah patahan relatif Utara – Selatan dengan kemiringan ke arah barat dan BMKG mencatat arah N3470E/820 arah patahan relatif utara-barat daya – selatan-tenggara dengan kemiringan ke arah timur.

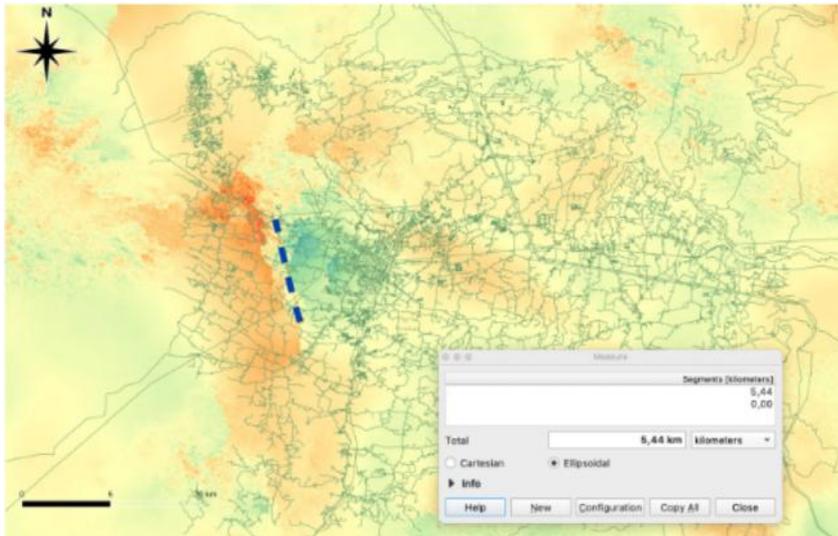
Dikarenakan semua data fokal mekanisme gempa tersebut didapat dari alat perekam gempa (seismograf) dengan pengeplotan gerak gelombang gempa pertama, maka untuk memastikan misteri sesat perlu di validasi dengan data lainnya seperti data citra, data lokasi kerusakan bangunan, dan data retakan permukaan yang di dapat di lapangan.

Hasil Analisis Citra Satelit

Salah satu analisis citra satelit setelah kejadian gempa bumi Cianjur dikeluarkan oleh *Earth observatory of Singapore* (EOS) yang membedakan adanya perubahan permukaan dengan adanya penurunan dan indikasi terangkatnya permukaan seperti pada gambar berikut:



Gambar 6. Interpretasi garis sesar penyebab gempa bumi Cianjur 2022 yang diperkirakan berdasarkan hasil pengolahan InSAR (produk EOS), sebaran pusat gempa (warna merah), dan sebaran kerusakan pada daerah warna biru (*subsidence*).



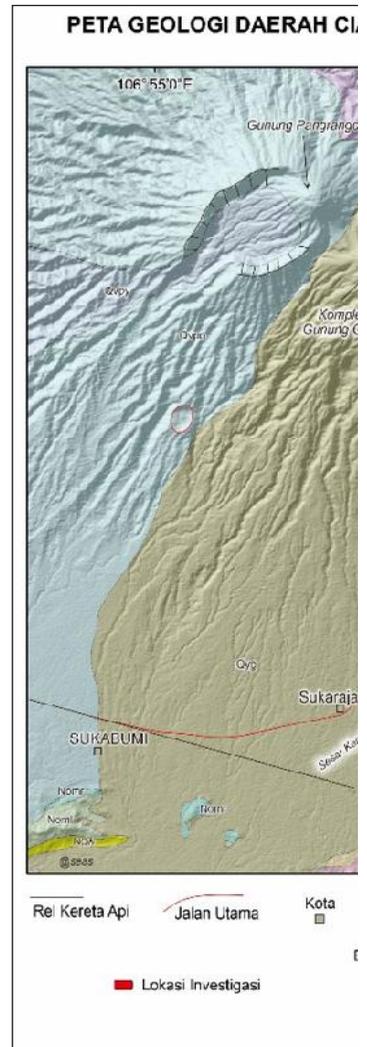
Gambar 7. Interpretasi patahan dari satelit InSAR untuk mengetahui deformasi permukaan terkait Gempa Cianjur. (Sumber: Agustan, 2022 dengan pengambilan data antara tanggal 20 November hingga 2 Desember 2022). Dari interpretasi tersebut terdapat indikasi patahan (garis biru putus-putus) sepanjang 5,44 km.

Dengan melihat kedua hasil interpretasi citra tersebut, masih terdapat dua versi patahan yang terkait perubahan deformasi akibat gempa Cianjur, yaitu patahan berarah relatif barat-timur dan patahan relatif utara – selatan. Hal ini masih sama yang dihasilkan oleh analisis fokal mekanisme seperti dijelaskan di atas. Oleh karena itu, patahan di bawah bumi Cugenang masih misteri dari dua metode tersebut (metode analisis fokal mekanisme dan metode analisis citra).

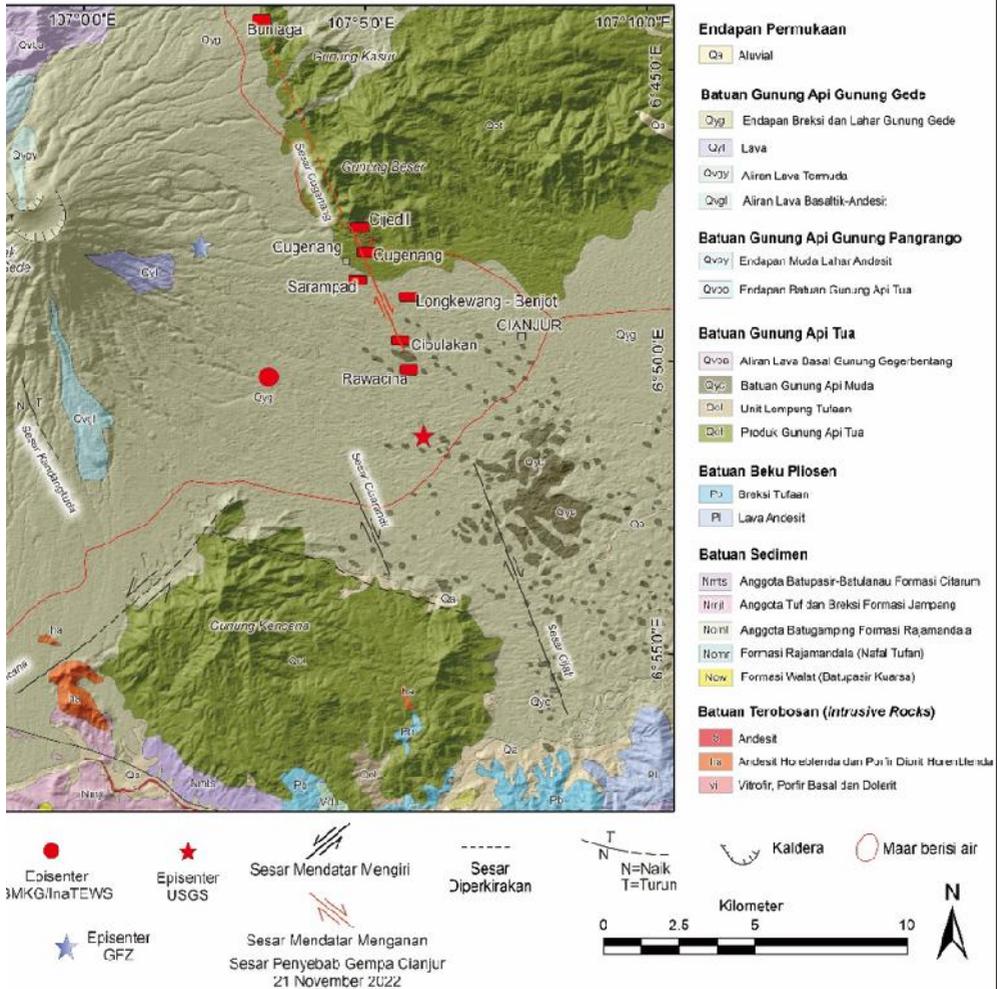
Investigasi Deformasi/Sesar Permukaan Pasca Gempa bumi Cianjur 21 November 2022

Tim Badan Geologi telah melakukan survei dan penyelidikan pasca gempa Cianjur terutama dalam menguak misteri sesar dibalik ke-suburan “Rahim Cugenang”. Hasil penyelidikan kami tuangkan dalam peta geologi hasil modifikasi dari peta geologi sebelumnya dengan beberapa lokasi rinci investigasi.

Lokasi investigasi pasca gempa Cianjur di lokasi Kampung Buniaga, Kampung Cijedil, Kampung Cugenang, Kampung Sarampad, Kampung Longkewang – Benjot, Kampung Cibulakan, dan Kampung Rawacina. Lokasi-lokasi investigasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 8.



CIANJUR DAN SEKITARNYA - PUSAT GEMPA 21 NOVEMBER 2022 - LOKASI PENELITIAN

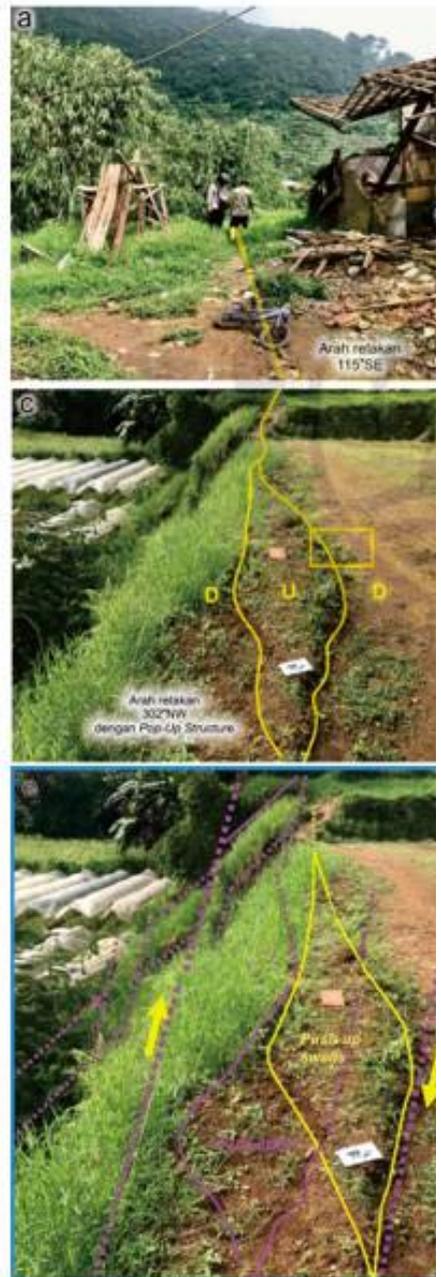


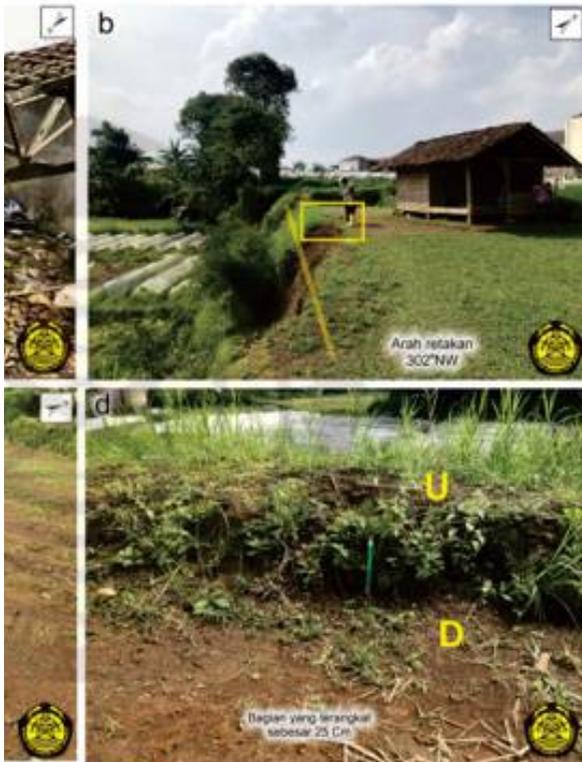
Gambar 8. Peta geologi daerah Cianjur dan sekitarnya, episenter gempa 21 November 2022, dan lokasi detail penyelidikan/gambar berikutnya. Sebaran batuan di daerah tersebut hasil modifikasi dari Peta Geologi Skala 1:100.000 lembar Cianjur (Sudjatkiko, 2003), lembar Bogor (Effendi dkk., 2011), sedangkan pola struktur sesar modifikasi dari Peta Geologi Gunung Api Gede Skala 1:50.000 (Situmorang dan Hadisantono, 1992).

1. Investigasi Kampung Buniaga

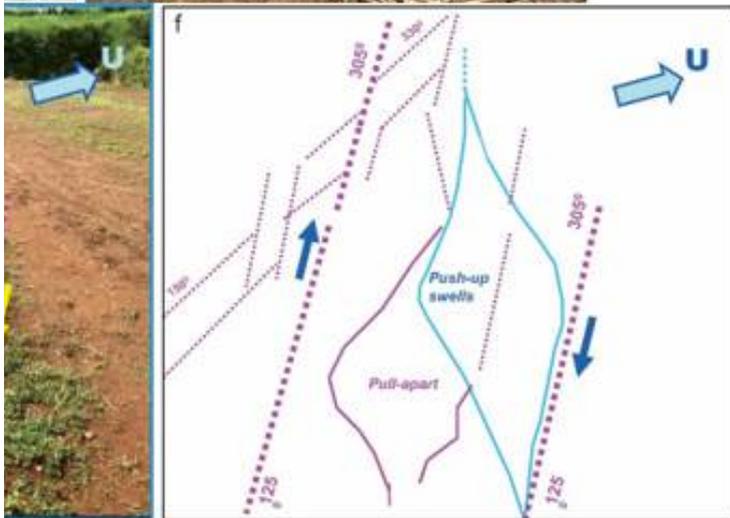
Kampung Buniaga terletak di utara daerah investigasi dan dapat dicapai ke arah kota Cipanas, Puncak. Kampung ini merupakan batas utara yang terkena dampak kerusakan akibat gempa. Secara topografi, Kampung Buniaga terletak pada lembah depan Gunung Kasur (Gambar 8), dan terletak pada pada batuan Gunung Api Tua dengan batuan produk Gunung Api Gede – Pangrango yang belum terkompaksi dengan baik. Hasil investigasi di Buniaga ditemukan kerusakan bangunan dan retakan permukaan yang mencerminkan deformasi akibat gempa bumi berupa pola struktur terangkat seperti dapat dilihat pada Gambar 9.

Deformasi yang terjadi di Kampung Buniaga merupakan sesar permukaan yang ditemukan tim dengan interpretasi berupa sesar mengangan (*dextral strike-slip fault*) berdasarkan *Pull-apart & push-up swells* seperti terlihat pada gambar 9 (e) dan ((f). Pembentukan deformasi sesar tersebut ada kaitannya dengan sesar yang relatif utara-barat laut – selatan-tenggara (NNW-SSE) yang dihasilkan oleh fokal mekanisme.





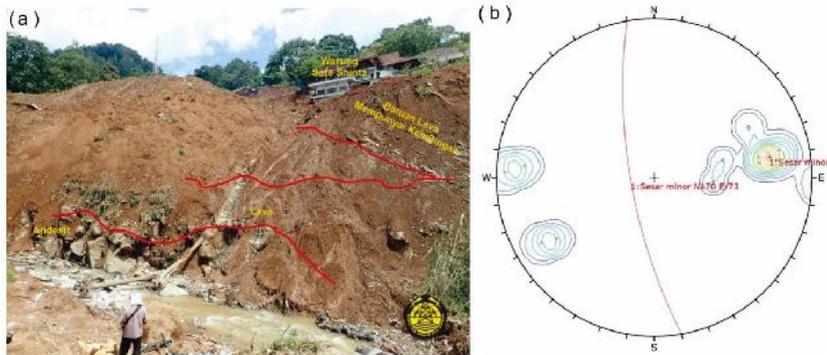
Gambar 9. Retakan permukaan di daerah Kampung Buniaga, pola retakan berarah relatif Barat – Timur (a) dan Barat Laut – Tenggara (b) dan (c). Retakan berarah Barat Laut – Tenggara membentuk struktur terangkat (Pop-Up) sebesar 25 Cm. Pada (b) terlihat bangunan rumah panggung dan terbuat dari bilik bambu mampu bertahan dari guncangan efek gempa bumi. (e) hasil interpretasi pengamatan sesar minor di lokasi yang sama (Gambar c) dengan penjelasan rinci di Gambar (f).



2. Investigasi Kampung Cijedil – Warung Sate Shinta



Gambar 10. Salah satu daerah yang terdampak bahaya ikutan gempa bumi yaitu Kampung Cijedil yang terkena longsor. (a) merupakan longsor daerah setelah gempa melanda, terlihat mahkota longsor dan masih menyisakan rumah terancam ambruk. (b) penanganan longsor di lokasi yang sama dengan sistem bronjong batu kali. (c) bangunan Sate Shinta yang masih utuh namun terancam longsor dan (d) bangunan yang sama tetap utuh namun tanah di sekitar sudah dibersihkan material longsor dan dilapisi dengan penangan geoteknik dalam upaya mencegah longsor berikutnya. Pada lokasi ini terlihat material longsor pasca gempa ke arah lembah sungai/ke arah selatan, (e) penanganan perkuatan lereng dengan di tutupi material geotekstil dan tanaman (f). Gambar (g) dan (h) merupakan retakan permukaan di halaman Warung Sate Shinta dengan arah relatif utara selatan N3300E, retakan tersebut sebagai akibat pengaruh kemiringan lereng, sehingga disimpulkan retakan tersebut merupakan akibat lateral spreading atau pengaruh pergerakan lereng.



Gambar 11 (a) dan (b) merupakan singkapan batuan di lembah sungai Sate Shinta yang tersusun atas batuan andesit dan lava. Lava mempunyai kemiringan dan pada batuan andesit mempunyai kekar dan memperlihatkan adanya suatu pola sesar minor, dengan arah relatif Utara- Selatan dengan kemiringan ke arah barat (N1700E/73).

3. Investigasi Kampung Cugenang





Gambar 12. Pengambilan foto kerusakan di daerah Cugenang melalui drone (diambil oleh Joko Wahyudiono di bulan Desember 2022) overly dengan citra satelit Google Earth (pengambilan data 22 Mei 2023). Lokasi (a), (b), (c), dan (d) merupakan lokasi detail pengambilan data lapangan dan diperlihatkan pada gambar berikutnya.



Gambar 13. (a) merupakan retakan permukaan di sekitar Masjid Alfirdaus, retakan ini nerarah relatif utara-barat laut – selatan-tenggara (NNW-SSE), sedangkan (b) merupakan longsoran sebagai bahaya ikutan akibat gempa dengan arah longsor ke arah tenggara (lihat gambar 11/Google Earth).



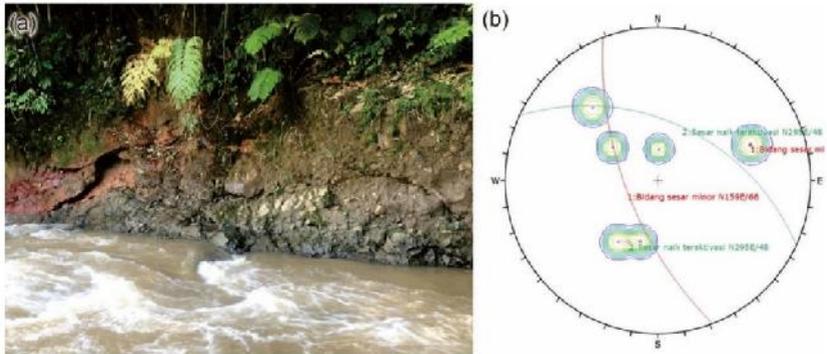
Gambar 14 (c). Perbandingan foto jalan menuju Cugenang sebelum dan sesudah gempa serta penanganan pasca gempa. (a) Foto sebelum gempa terjadi, diambil dari Google Earth, terlihat terdapat beberapa rumah di area lereng. (b) foto setelah gempa, terjadinya longsoran yang masif sehingga material longsor menutupi seluruh area jalan, terlihat petugas sedang membersihkan material longsor. (c) Situasi 9 bulan pasca gempa Cianjur, pemerintah melalui Kementerian PUPR membangun kembali fasilitas jalan menuju Cugenang dengan menerapkan sistem bronjong bertangga untuk menangani pasca longsoran Cugenang. Perhatikan kotak putih di ketiga gambar tersebut, terdapat rumah (dengan pagar depan warna biru) dengan struktur kolom yang masih tetap bertahan.



Gambar 15 (c). Gambar yang memperlihatkan ketika bencana longsor melanda (gambar atas), terlihat material longsoran tanah, sampah, dan sisa-sisa tumbuhan menimbun pemukiman dengan arah longsoran menuju lembah sungai. Material kayu inilah yang bisa menjadi ilustrasi penanda umur paleo landslide (longsor purba) di kemudian hari, ratusan atau ribuan tahun yang akan datang. Gambar bawah memperlihatkan 9 bulan pasca bencana melanda dengan penanganan kestabilan lereng dengan sistem terasing.



Gambar 16 (c). Lokasi singkapan batuan atau alas batuan di lokasi tempat longsor Cugenang. Garis merah putus-putus memeperlihatkan batas kontak antara material longsor dengan batuan dasar atau bedrock berupa breksi dengan dominan fragmen andesit. Pada lokasi ini tim menemukan lokasi jejak patahan dan diperkirakan jejak patahan baru akibat gempa Cianjur, hasil pengukuran bidang jejak patahan tersebut berarah utara-barat laut – selatan-tenggara (NNW – SSE) dengan kedudukan N347°E/52° dan membentuk sudut antara garis gores dengan bidang (Pitch) sebesar 41 derajat ke arah barat daya.



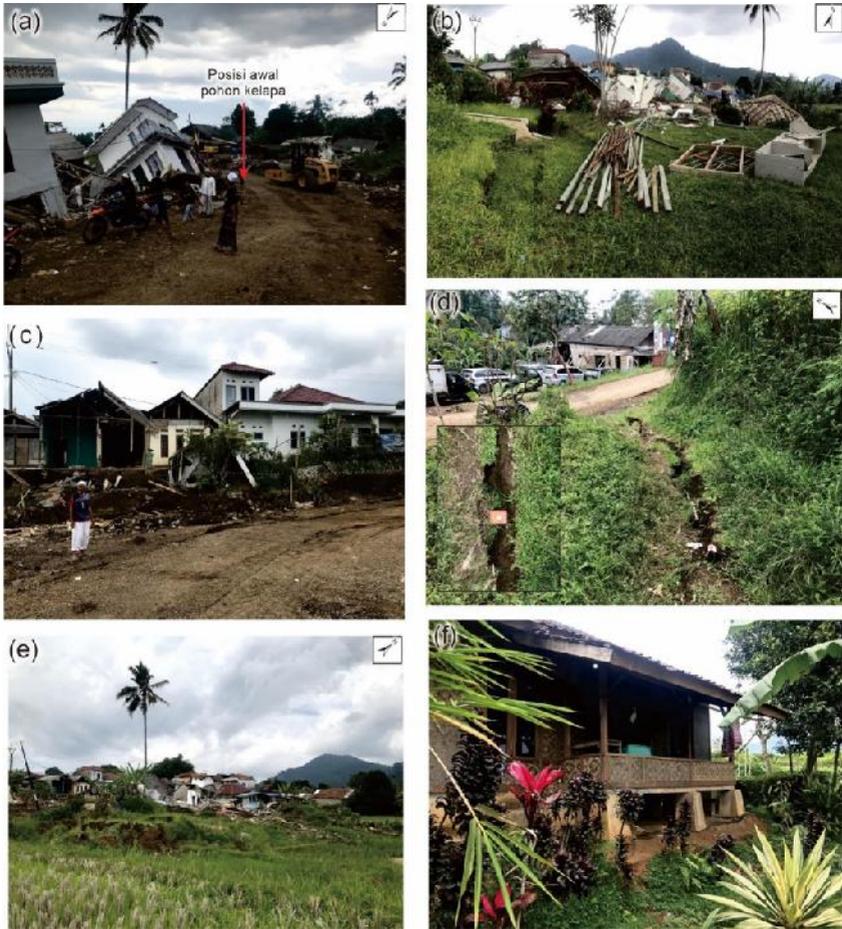
Gambar 17. (a) Singkapan breksi vulkanik dengan komponen utama andesitan di sungai Cugenang. Data pengukuran kekar yang berkembang memperlihatkan sesar minor (Gambar b) dengan bidang N1590E/660 dan adanya sesar naik teraktivasi dengan bidang N2950E/480.

4. Investigasi Kampung Sarampad



Gambar 18. Foto udara daerah terdampak bencana Kampung Sarampad melalui pengambilan drone setelah kejadian gempa (Desember 2022) overly dengan data Google Earth Mei 2023.

Investigasi di Kampung Sarampad ini dilakukan mengingat dampak yang sangat parah dan menimbulkan banyak korban jiwa. Beberapa fenomena ketika gempa melanda yaitu adanya longsoran/gerakan tanah yang mengakibatkan bergesernya beberapa rumah penduduk. Hasil investigasi adanya rawa di sekitar kampung tersebut (Gambar 18), dan arah longsoran tersebut mengikuti arah gerakan material ke arah rawa. Retakan tanah juga terjadi di Kampung Sarampad sebagai akibat gerakan tanah (land movement) dengan arah dominan utara – selatan (Gambar 9), retakan tanah tersebut diinterpretasikan sebagai akibat tarikan dari gerakan tanah tersebut. Salah satu fenomena gerakan tanah berperan utama dalam bencana di Sarampad yaitu dengan adanya fenomena bergesernya pohon kelapa sejauh 10 meter. Fenomena ini jelas bahwa faktor land movement menjadi aktor utama bencana yang melanda Sarampad, gerakan tanah tersebut sebagai bahaya ikutan gempa bumi.



Gambar 19. Bencana melanda Sarampad. (a) Penanda bahwa aspek gerakan tanah berperan dalam bencana di Sarampad dengan adanya rumah bergeser dan pohon kelapa bergeser sejauh 10 meter dengan posisi masih utuh. (b) salah satu retakan di Kampung Kuba, Sarampad dengan arah umu N3400E atau relatif utara – selatan. (c) 2 klasifikasi bangunan, bangunan belakang seorang Bapak yang hancur akibat gempa, terlihat tidak adanya kolom struktur pada rumah tersebut. Sedangkan rumah modern dengan struktur kolom masih berdiri tegak. (d) retakan permukaan dengan arah berbeda dengan sebelumnya yaitu dengan arah relatif barat-timur. (e) daerah pesawahan menurut informasi penduduk meruakan rawa yang cukup dalam. (f) rumah kayu yang masih kokoh bertahan, menandakan adanya kearifan lokal di daerah Sarampad bahwa rumah tradisional merupakan rumah yang tahan akan guncangan ketika gempa terjadi.

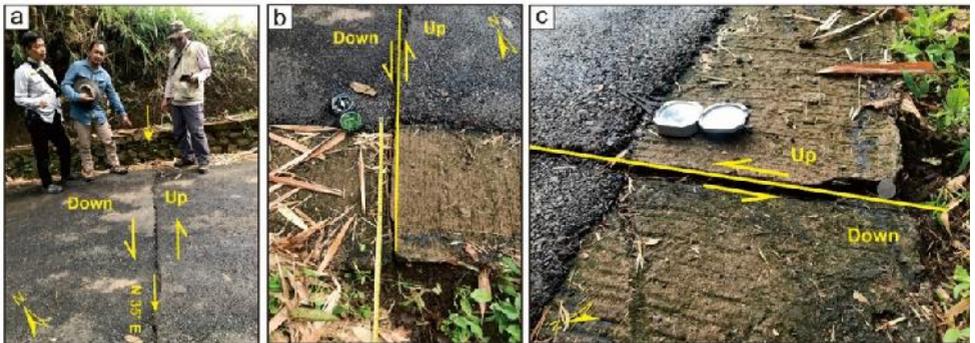
5. Investigasi Kampung Longkewang – Benjot



Gambar 20. Lokasi investigasi retakan permukaan (*surface rupture*) di lokasi Kampung Longkewang, Desa Benjot.



Gambar 21. Retakan permukaan di Kampung Longkewang, Desa Gasol, Kecamatan Cugenang. (a) retakan permukaan dengan arah N300E, retakan ini memotong jalan aspal dan memperlihatkan arah gerak mengiri atau sinistral. (b) dan (c) gambar yang memperlihatkan pergeseran lateral/offset yang memperlihatkan pergeseran lateral/offset sebesar 2 cm.



Gambar 22. Retakan permukaan di Kampung Longkewang, Desa Gasol. (a) dan (b) retakan permukaan dengan arah N350E, retakan ini memotong jalan aspa dan memperlihatkan arah gerak mengiri atau sinistral. Bagian kanan atau sisi timur merupakan bagian naik (Up) dan bagian kiri atau sisi barat merupakan bagian yang turun (Down). (c) gambar yang memperlihatkan offset bagian timur dengan koin sebagai pembanding.



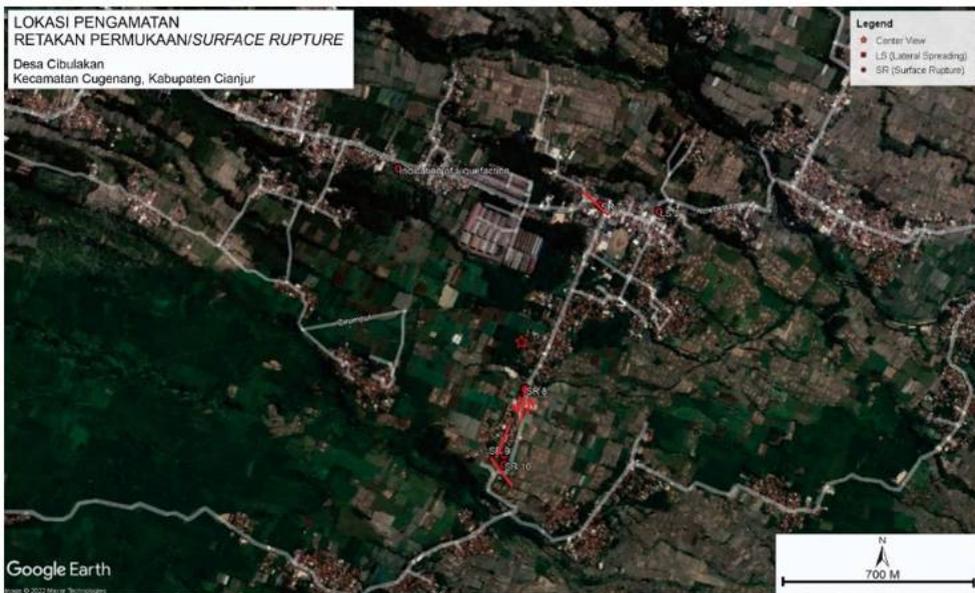
Gambar 23. Retakan permukaan yang memotong rumah penduduk di Kampung Longkewang, Desa Benjot. Secara umum arah retakan ini relatif Utara – Selatan (N240E). (a) dan (b) retakan minor yang memperlihatkan arah pergeseran mengiri (sinistral) dengan pergeseran lateral sebesar 0.3 cm. (d) sumur penduduk yang mengalami penyusutan air.



Gambar 24. Litologi atau batuan alas tempat Kampung Longkewang berpijak. (a) Situasi jalan yang terpotong retakan tanah dan sebelahny terdapat sungai yang menyingkap batuan dasar (bedrock) seperti terlihat pada gambar (b), (c), (d), (e), dan (f). Gambar (b) memperlihatkan longsoran lokal searah retakan tanah di jalan. (c) situasi sungai Longkewang yang memperlihatkan boulder boulder andesit. (d) singkapan batuan breksi laharik dengan komponen utama andesit. (e) breksi laharik dengan komponen utama batuan andesit dengan masa dasar pasiran. (f) Close up batuan breksi laharik.

Di Kampung Longkewang terdapat retakan tanah permukaan dan singkapan batuan dasar (*bedrock*) yang bisa kita jumpai di Sungai Longkeweang. Retakan tanah yang terjadi memotong jalan dan beberapa rumah penduduk tidak tercermin atau menerus pada batuan dasar, dengan demikian retakan permukaan yang terjadi hanya karena efek guncangan gempa (*shacking*) bukan karena patahan gempa. Dengan kata lain, tidak ditemukan kemenerusan retakan/patahan dari batuan dasar sampai kepermukaan.

6. Investigasi Kampung Cibulakan



Gambar 25. Lokasi pengamatan retakan permukaan Kampung Cibulakan, Desa Cibulakan, Kecamatan Cugenang.



Gambar 26. Fenomena retakan permukaan memotong jalan aspal di Kampung Cibulakan.

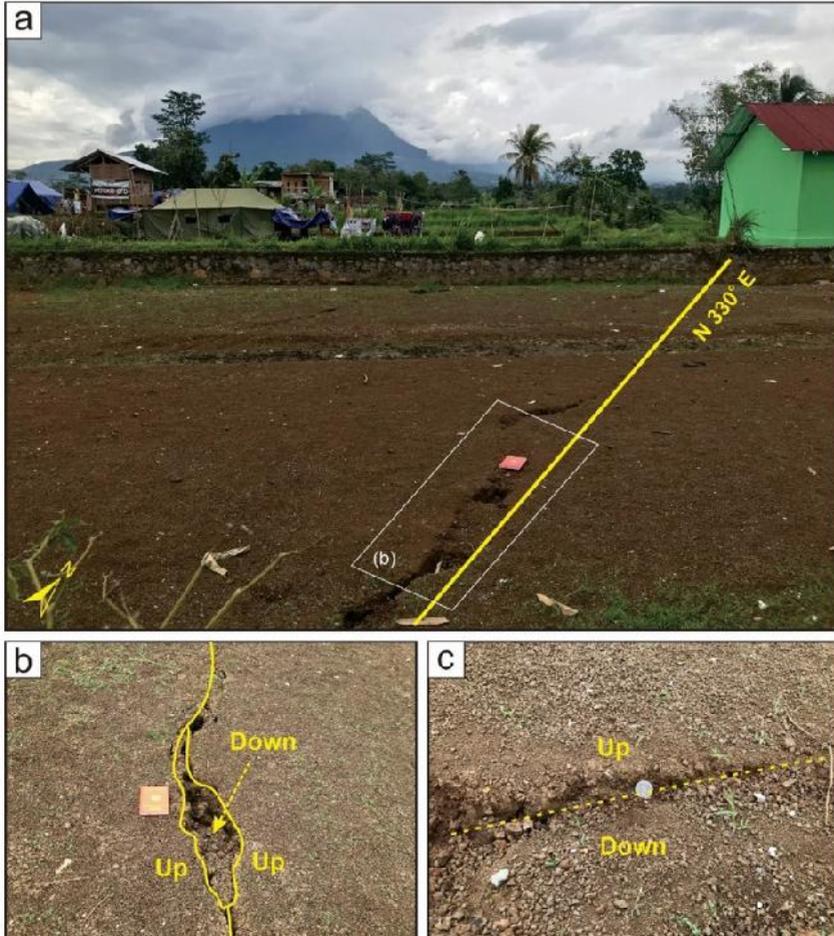
Retakan tanah di jalan desa Cibulakan, Kecamatan Cugenang memperlihatkan deformasi yang terjadi di permukaan sebagai akibat adanya goncangan sebagai akibat kegiatan tektonik pada saat terjadi gempa. Beberapa gambar hasil investigasi memperlihatkan dengan arah relatif utara – selatan (N1900E), arah pergeseran memperlihatkan arah mengiri atau sinistral seperti terlihat pada Gambar 26 (b) dan (c). Pada zona ini terlihat bagian yang naik (*Up*) dan bagian yang turun (*Down*). Gambar 26 (b) memperlihatkan kemenerusan retakan ke arah rumah yang masih berdiri tetapi rumah tersebut memperlihatkan seolah-olah mengalami gerakan mengiri, dapat dilihat kolom di sudut rumah tersebut terseret sesuai arah retakan. Gambar 26 (c) dan (d) memperlihatkan pergeseran pada tembok dengan arah mengiri (*sinistral*) dengan *offset* horizontal sebesar 6 Cm. Pergeseran tersebut juga memperlihatkan adanya blok bagian yang naik dan blok yang turun dengan *offset* vertical sebesar 13 cm. Dengan adanya bagian blok naik dan blok turun, dapat dilakukan pengukuran bidang retakan tersebut dan didapat arah jurus (*strike*) dan besar kemiringannya N2000E/780.



Gambar 27. Retakan permukaan akibat sistem tarikan (extensional stress) di Desa Cibulakan.

Retakan permukaan pada Gambar 27 merupakan retakan permukaan dengan arah N2030E atau relatif NE-SW/timur laut – barat daya, retakan ini memperlihatkan pola tarikan dengan munculnya pola cekungan kecil (pull apart) dan pola terangkat (*push-up swells*).

Retakan di Kampung Cibulakan (Gambar 28) memperlihatkan arah umum barat laut-tenggara (NW-SE) dan hasil pengukuran didapat N3300E, retakan ini terjadi di dasar kolam yang memang sebelum kejadian gempa kolam tersebut sudah kering. Retakan tersebut menandakan adanya deformasi atau pola patahan dengan sistem tarikan.



Gambar 28. Retakan permukaan (surface rupture) di kampung Cibulakan membentuk cekungan dan tinggian kecil mencerminkan adanya gaya tarikan (extensional regime) pada permukaan.

7. Investigasi Kampung Rawacina





Gambar 29. Rekaman Ketika gempa melanda Kampung Rawacina melalui drone. Dari pantauan udara terlihat adanya kerusakan pada rumah-rumah penduduk kampung tersebut disertai adanya fenomena retakan permukaan dan gerakan tanah.

Nama “*Rawacina*” sudah mencerminkan kata rawa yang artinya memang di situ sudah ada rawa alami. Karena kondisi sudah ada rawa, maka ketika gempa melanda, guncangan akan memperkuat gelombang karena kondisi tanah di kampung tersebut berupa endapan rawa (*swampy*). Berdasarkan hasil investigasi Tim badan Geologi, daerah Rawacina merupakan salah satu yang terdampak dengan banyaknya rumah yang rusak. Beberapa rumah terseret karena fenomena gerakan tanah naik turun (*vertikal*) dan gerakan mendatar (*horisontal*) seperti adanya rumah yang terseret 25 meter dari tempat semula (Gambar 29 dan Gambar 30 (b)). Beberapa retakan permukaan ditemukan dengan dominan arah relatif barat laut – tenggara (N1500 – 3300E). Salah satu retakan permukaan (*surface rupture*) mempunyai lebar 50 cm dan kedalaman 112 cm (Gambar 29 (a)), dan juga retakan permukaan dengan indikasi pergeseran menganan (*dextral movement*) dengan arah pergeseran menadatar (*offset*) sebesar 13 cm dan pergeseran vertikal sebesar 20 cm, dengan demikian dapat ditentukan bidang retakan permukaan tersebut dengan arah jurus N1500E dan kemiringan ke arah timur sebesar 64 derajat (Gambar 29 (b) dan (c)).





Gambar 30. Fenomena yang terjadi di Kampung Rawacina ketika gempa melanda. Rumah terseret sejauh 25 meter karena adanya gerakan tanah. Beberapa rumah mengalami kerusakan karena dibangun tidak memakai tiang kolom (Gambar g) sedangkan rumah yang sudah memakai tiang kolom relatif aman akibat guncangan gempa (Gambar f).

Adapun ringkasan hasil investigasi daerah Cugenang dan sekitarnya pasca gempa bumi tanggal 21 November 2022 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Deformasi gempa dari parameter retakan permukaan (surface rupture) dan efek yang ditimbulkan akibat gempa bumi Cianjur 21 November 2022.

Lokasi	Nama Kampung/Desa	Koordinat	Tipe retakan	Karakteristik	Orientasi	Morfologi	Geologi Permukaan
1.	Kampung Buniaga, Desa Ciharang, Kecamatan Pacet	6°45'34,58" LS 107°03'36,65" BT	Retakan permukaan (surface rupture)	Rekahan bersifat bukaan, dengan kedalaman + 25 Cm Pola retakan membentuk kelurusan dengan adanya bagian terangkat membentuk Pop-up structure, terangkat 12 Cm dengan lebar tengah terangkat (Pop-up structure) sebesar 70 Cm	N1150E	Pedataran depan pegunungan Besar (Mountain front area)	Kontak satuan batuan produk gunung api tua (Breksi) dengan endapan aliran piroklastik.
2.	Kampung Buniaga, Desa Ciharang, Kecamatan Pacet	6°45'32,07" LS 107°03'36,65" BT	Sesar permukaan dengan struktur Pop-up structure		Arah umum N3020E dengan besar kemiringan 50°	Pedataran depan pegunungan Besar (Mountain front area)	Kontak satuan batuan produk gunung api tua (Breksi) dengan endapan aliran piroklastik.
3.	Kampung Cijedil, Desa Cijedil, Kecamatan Cugenang (Warung Sate Shinta)	6°47'46,51" LS 107°04'48,83" BT	Retakan permukaan Lateral Spreading	Retakan membentuk bukaan selebar 5 cm pada jalan beraspal, retakan ini searah lereng jadi besar kemungkinannya dipengaruhi oleh kemiringan lereng	Arah umum N3300E	Lereng bukit Gunung Besar.	Batuan produk gunung api tua (Breksi).
4.	Kampung Cijedil, Desa Cijedil, Kecamatan Cugenang (Masjid Al Firdaus)	6°47'58,34" LS 107°04'57,23" BT	Retakan permukaan	Retakan membentuk mole structure dengan terangkatnya lantai masjid, arah umum relatif Barat-Timur (N110°E), retakan membentuk pergeseran menganan (dextral movement) N123E/80	Barat-Timur N990E	Lereng	Aliran lahar Gunung Garung, endapan lahar dengan komponen kerikil-bongkah andesit berselingan dengan aliran piroklastik.

5.	Kampung Cugenang, Desa Cugenang, Kecamatan Cugenang.	6°48'3,51" LS 107°5'0,83" BT	Patahan/sesar gempa	Bidang jejak patahan (<i>slickenside</i>) N347°E/52°, dengan membentuk sudut antara gores garis dengan bidang patahan (<i>Pitch</i>) 41° ke arah Barat daya	N347°E/52°	Lereng	Batuan andesit dengan selingan aliran piroklastik
6.	Kampung Cugenang, Desa Cugenang, Kecamatan Cugenang.	6°48'4,9" LS 107°4'57,21" BT	Sesar permukaan	<i>Fracture/joint</i> pada batuan andesit dan pasir tufaan.	Sesar minor N1590E/660, dan reaktivasi sesar naik N2950E/48°.	Dasar sungai Cugenang	Batuan andesit dengan selingan aliran piroklastik
7.	Kampung Kuba, Desa Sarampad, Kecamatan Cugenang	6°48'11,40" LS 107°4'29,41" BT	Retakan permukaan (surface rupture)	Retakan permukaan membentuk bukaan (<i>extensional</i>) dengan lebar ± 1.5 meter dan kedalaman ± 1 meter.	Arah retakan N3400E. Pengukuran retakan memperlihatkan sesar permukaan dengan kedudukan N286°E/75°.	Pedataran sawah	Aliran lahar Gunung Garung; Endapan lahar, kelabu, kerikil-bongkah andesit membundar tangung 50% dalam masa dasar lumpur 50%, berselingan dengan lapisan tipis endapan fluvial, aliran piroklastika dan jatuhnya piroklastika.
8.	Kampung Kuba, Desa Sarampad, Kecamatan Cugenang	6°48'9,5" LS 107°4'28,81" BT	Retakan permukaan (<i>surface rupture</i>)	Retakan membentuk bukaan (<i>extensional</i>) dan cekungan kecil (<i>pull apart</i>)	Arah retakan N78°E	Pedataran	Aliran lahar Gunung Garung; dengan komponen utama kerikil- <i>boulder</i> andesit ditutupi oleh pasir tufaan.
9.	Kampung Kuba, Desa Sarampad, Kecamatan Cugenang	6°48'9,12" LS 107°4'29,01" BT	Retakan permukaan (<i>surface rupture</i>)	Retakan membentuk bukaan (<i>extensional</i>) dan cekungan kecil (<i>pull apart</i>)	Arah retakan N223°E	Pedataran	Aliran lahar Gunung Garung; dengan komponen utama kerikil- <i>boulder</i> andesit ditutupi oleh pasir tufaan.
10.	Kampung Kuba, Desa Sarampad, Kecamatan Cugenang	6°48'6,35" LS 107°4'29,11" BT	Retakan permukaan (<i>surface rupture</i>)	Retakan membentuk bukaan (<i>extensional</i>) dan cekungan kecil (<i>pull apart</i>) dan pola graben.	Arah umum graben N261°E/78°	Pedataran	Aliran lahar Gunung Garung; dengan komponen utama kerikil- <i>boulder</i> andesit ditutupi oleh pasir tufaan.

11.	Kampung Longkewang, Desa Benjot, Kecamatan Cugenang	6°48'58,13" LS 107°5'47,47" BT	Retakan permukaan (<i>surface rupture</i>)	Retakan membentuk offset lateral sebesar 2 Cm dan membentuk bagian naik (<i>Up</i>) dan turun (<i>Down</i>), arah gerak mengiri (<i>sinistral</i>)	Arah umum retakan N30°-35°E.	Pedataran dan pesawahan	Aliran lahar Cianjur, terdiri atas kerikil- <i>boulder</i> andesit, breksi, dan endapan lahar.
12.	Kampung Longkewang, Desa Benjot, Kecamatan Cugenang	6°48'58,00" LS 107°5'47,09" BT	Retakan permukaan (<i>surface rupture</i>)	Retakan membentuk bagian naik (<i>Up</i>) dan turun (<i>Down</i>) dengan arah gerak mengiri (<i>sinistral</i>), terdapat retakan yang searah lereng dan lebih cenderung disebut <i>lateral spreading</i> .	Arah umum retakan N30°-35°E, dan arah retakan <i>lateral spreading</i> N32,4°E.	Pedataran dan pesawahan	Aliran lahar Cianjur, terdiri atas kerikil- <i>boulder</i> andesit, breksi, dan endapan lahar.
13.	Kampung Longkewang, Desa Benjot, Kecamatan Cugenang	6°48'54,74" LS 107°5'49,20" BT	Retakan permukaan (<i>surface rupture</i>)	Retakan memotong ubin rumah penduduk, dengan arah pergeseran mengiri/ sinistral dengan offset <i>lateral</i> 0.3 Cm. Retakan ini membuat retak dinding rumah penduduk tetapi tidak sampai memperlihatkan pipa air, dengan demikian retakan ini tidak terlalu kuat energi untuk mematahkan atau menimbulkan kerusakan fatal. Tetapi, efek guncangan dan pengaruh gerakan tanah yang banyak menimbulkan kerusakan.	Arah umum retakan N2,4°E	Pedataran	Aliran lahar Cianjur, terdiri atas kerikil- <i>boulder</i> andesit, breksi, dan endapan lahar.

14.	Kampung Cibulakan, Desa Cibulakan, Kecamatan Cugenang.	6°49'40,71" LS 107°5'36,35" BT	Retakan permukaan (<i>surface rupture</i>)	<p>Retakan yang memotong jalan dengan arah N190°E atau relatif Utara Selatan. Arah pergeseran memperlihatkan arah mengiri/sinistral</p> <p>Pada zona ini terlihat bagian yang naik (<i>Up</i>) dan bagian yang turun (<i>Down</i>). Retakan menerusan retakan ke arah rumah masih memperlihatkan arah gerak mengiri, terlihat tiang kolom/sudut rumah tersebut terseret sesuai arah retakan (seolah-olah rumah terputar kekiri). Memiliki offset lateral 6 cm.</p> <p>Pergeseran yang memperlihatkan adanya bagian blok turun dengan offset bagian yang turun ini 13 cm. Dengan adanya bagian blok naik dan bagian blok turun, dapat dilakukan pengukuran bidang rekahan tersebut dan didapat arah jurus/strike dan besar kemiringannya N200°E/78°.</p>	Arah umum retakan N190°E	Pedataran	Aliran lahar Cianjur, terdiri atas kerikil- <i>boulder</i> andesit, breksi, dan endapan lahar.
-----	--	-----------------------------------	---	---	--------------------------	-----------	--

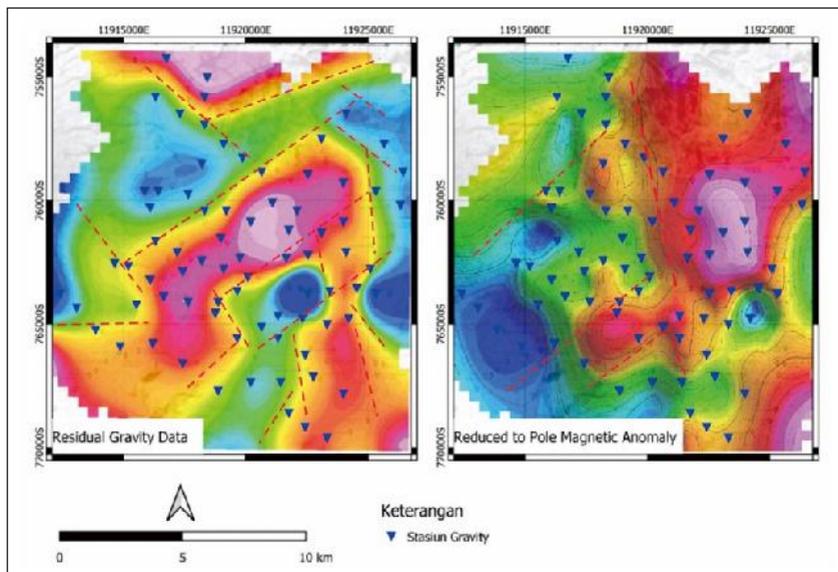
15.	Kampung Cibulakan, Desa Cibulakan, Kecamatan Cugenang.	6°49'47,73" LS 107°5'34,31" BT	Retakan permukaan (<i>surface rupture</i>)	Retakan permukaan dengan arah N203°E atau relatif NE-SW/Timur Laut- Barat Daya pada dasar kolam yang memang sudah kering sebelum terjadinya gempa bumi. Retakan ini memperlihatkan pola tarikan dengan ditunjukkan pola cekungan kecil/ <i>pull a part basin</i> .	N203°E	Pedataran	Aliran lahar Cianjur, terdiri atas kerikil- <i>boulder</i> andesit, breksi, dan endapan lahar.
16.	Kampung Cibulakan, Desa Cibulakan, Kecamatan Cugenang.	6°49'48,90" LS 107°5'34,15" BT	Retakan permukaan (<i>surface rupture</i>)	Retakan permukaan dengan arah N330°E atau relatif NW-SE/Barat Laut-Tenggara pada dasar kolam yang memang sudah kering sebelum terjadinya gempa bumi. Retakan ini memperlihatkan pola tarikan dengan ditandakan pola cekungan kecil/ <i>pull a part basin</i> .	N330°E	Pedataran	Aliran lahar Cianjur, terdiri atas kerikil- <i>boulder</i> andesit, breksi, dan endapan lahar.

17.	Kampung Cibulakan, Desa Cibulakan, Kecamatan Cugenang.	6°49'48,72" LS 107°5'34,31"BT	Retakan permukaan (<i>surface rupture</i>)	Retakan membentuk pola <i>en-echelon structure</i> , retakan paralel dan sejajar satu sama lainnya namun membentuk zona retakan yang memanjang. Pola <i>en-echelon</i> memotong jalan aspal, sehingga jelas terlihat polanya. Pola ini membentuk pergeseran dengan gerak mendatar (<i>dextral</i>). Retakan membuka dengan lebar 50 cm dan kedalaman 113 cm, arah umum retakan N150°-330°E. Retakan sepanjang 15 meter.	319°NW atau N139°-319°E	Pedataran	Aliran lahar Cianjur, terdiri atas kerikil- <i>boulder</i> andesit, breksi, dan endapan lahar.
18.	Kampung Rawacina, Desa Nagrak, Kecamatan Cianjur	6°49'59,55" LS 107°5'42,97"BT	Retakan permukaan (<i>surface rupture</i>) dan Patahan permukaan.	Dibagian ujung tenggara ter-offset-kan pagar kolam selebar 13 Cm dan beda tinggi (<i>offset vertical</i>) sebesar 20 Cm dan membentuk bidang N150°E/64 dengan arah gerak mengaman (<i>dextral movement</i>)	N150°-330°E	Lereng tidak curam	Aliran lahar Cianjur, terdiri atas kerikil- <i>boulder</i> andesit, breksi, dan endapan lahar.
19.	Kampung Rawacina, Desa Nagrak, Kecamatan Cianjur	6°49'58,01" LS 107°5'44,76"BT	Retakan permukaan (<i>surface rupture</i>)	Retakan permukaan dengan kedalaman 50 Cm dan lebar 7 Cm.	N35°-215°E	Lereng dengan kemiringan di bawah 10 derajat.	Aliran lahar Cianjur, terdiri atas kerikil- <i>boulder</i> andesit, breksi, dan endapan lahar.
20.	Kampung Rawacina, Desa Nagrak, Kecamatan Cianjur	6°49'57,22" LS 107°5'39,48"BT	Retakan permukaan (<i>surface rupture</i>)	Retakan permukaan menggeserkan tembok pagar dengan <i>offset lateral</i> 2 Cm.	N150°-330°E	Datar	Aliran lahar Cianjur, terdiri atas kerikil- <i>boulder</i> andesit, breksi, dan endapan lahar.

Investigasi Deformasi/Sesar Bawah Permukaan Pasca Gempa bumi Cianjur 21 November 2022

Untuk mengetahui deformasi kejadian gempa, tidak hanya investigasi permukaan saja yang dilakukan. Tim Badan Geologi juga melakukan investigasi bawah permukaan, bahasan detail bawah permukaan daerah Cugenang dan sekitarnya dapat di baca detail pada bahasan “Gambaran Bawah Permukaan dari Kejadian Gempa Cianjur 2022 Berdasarkan Data Geofisika (Gaya berat dan Geomagnet)”. Pada bahasan ini hanya menampilkan hasil dari pengukuran gaya berat dan geomagnet di daerah Cugenang dan sekitarnya untuk mendukung data interpretasi sesar bawah permukaan dan sesar permukaan.

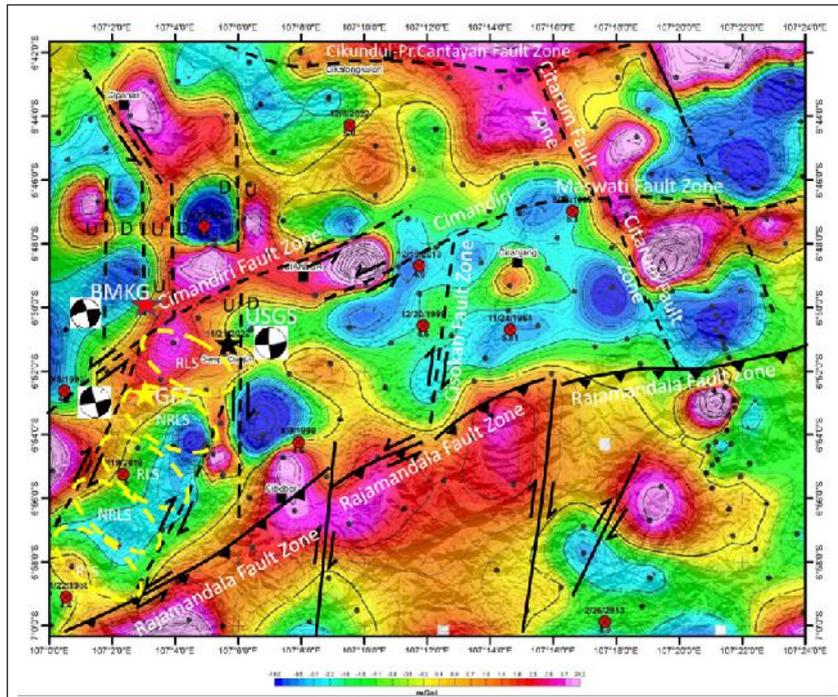
Hasil dari pengukuran gaya berat & geomagnet dapat dilihat pada Gambar 31 berikut:



Gambar 31. Peta anomali residual gaya berat (kiri) dan peta anomali magnetik (kanan) hasil pengukuran pasca gempa bumi Cianjur 21 November 2022. Garis merah putus-putus merupakan interpretasi kelurusan struktur bawah permukaan.

Dari data bawah permukaan yang di dapat dengan metode gaya berat (Gambar 31) dengan kedalaman sampai 20 km, didapat kesimpulan bahwa adanya pola relatif timur laut – barat daya (NE – SW), pola ini merupakan pola sistem Sesar Cimandiri bagian atau segmen Sesar Rajamandala. Namun, terdapat pola yang relatif utara-barat laut – selatan-tenggara (NNW – SSE) dan ini merupakan pola orde 2 atau cabang dari pola Sesar Ciamndiri. Data bawah permukaan dari metode geomagnet merupakan pola sebaran anomali magnet dan lebih dangkal kedalamannya, capaian kedalaman maksimum metode geomagnet berada di kedalaman 2-3 km. Kelurusan struktur data magnet pada kedalaman yang paling dalam hingga dangkal tersebut menunjukkan bahwa kejadian gempa bumi dipengaruhi oleh kelurusan struktur barat laut-tenggara.

Dari data geofisika untuk deformasi bawah permukaan terlihat jelas adanya pola tegasan teputar di tiap kedalaman. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pola Sistem Sesar Cimandiri bekerja dalam gempa bumi Cianjur, hal ini dikaitkan dengan pola sistem tektonik regional. Kemudian yang bergerak menimbulkan gempa bumi Cianjur 21 November 2022 merupakan orde 2 atau cabang dari Sistem Sistem Cimandiri, yaitu pola relatif utara-barat laut – selatan-tenggara (NNW – SSE). Ilustrasi gambaran antara pola Sistem Sesar Ciamandiri segmen Sesar Rajamandala dan percabangan sesar tersebut dapat dilihat dari penggambaran anomali residual gaya berat regional wilayah yang mencakup lebih luas seperti terlihat di Gambar 32.



Gambar 32. Anomali regional residual gravity/gaya berat sistem Sesar Ciamndiri – Rajamandala dan sesar orde 2 atau sesar percabangan. Terlihat episenter gempa Cianjur 21 November 2022 dari ketiga Lembaga (BMKG, GFZ, dan USGS) dan titik episenter gempa sebelumnya (USGS) bekerja dalam Sistem Sesar Ciamndiri (Sumber: Asdani Soehaimi dan Tatang Padmawidjaja dengan data gaya berat dari Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, 2022).

Kesimpulan

Dari hasil investigasi deformasi bawah permukaan dan deformasi permukaan, Gempa Cianjur 21 November 2022 disebabkan oleh patahan/sesar berarah utara-barat laut – selatan-tenggara (NNW – SSE) dengan kedudukan patahan jurus dan kemiringan N3470E/520 dan membentuk sudut gores garis dengan bidang sesar (Pitch) sebesar 41 derajat ke arah barat daya (Gambar 16 dan Table 2 lokasi 5) dengan arah pergeseran mengangan. Kedudukan sesar tersebut didukung oleh investigasi bawah permukaan

metode magnet yaitu di kedalaman 2-3 km masih terdapat kelurusan struktur berarah barat laut – tenggara.

Pada gulirannya, pola patahannya bersesuaian dengan patahan di sebelah selatan kota Cianjur yang telah dipublikasikan dalam Peta Geologi Gunung Api Gede Skala 1:50.000 (Situmorang dan Hadisantono, 1992). Patahan penyebab gempa tersebut berada pada muka depan punggung (front mountain area) Gunung Kasur dan Gunung Besar sekaligus kontak antara satuan batuan produk gunung api tua dengan aliran lahar dan pasir atau aglomerat tufaan produk gunung api muda Gunung Gede (Lihat peta geologi/Gambar 8).

Data gaya berat (gravity) untuk investigasi bawah permukaan juga masih memperlihatkan pola kelurusan barat laut – tenggara, dan merupakan sesar orde 2 dari Sistem Sesar Cimandiri. Penampang melintang data gaya berat yang diintegrasikan dengan respon analisis turunan tegak dan turunan horizontal (derivative analysis), terlihat adanya korelasi positif dari distribusi after shock (gempa susulan setelah gempa utama) dengan kontras anomali gaya berat di kedalaman 10 km yang memiliki arah Barat laut-Tenggara (lihat bahasan Gambaran Bawah Permukaan dari Kejadian Gempa Cianjur 2022 Berdasarkan Data Geofisika – Gaya berat dan Geomagnet).

Jika dikaitkan dengan data fokal mekanisme gempa, kedudukan Sesar N3470E/520 sesuai dengan hasil analisis Nodal Plane 1 dari BMKG dan GFZ (lihat Tabel 1) dan analisis Nodal Plane 2 dari USGS (lihat tabel 2). Berdasarkan analisis data fokal mekanisme (USGS, GFZ, dan BMKG) maka dapat disimpulkan penyebab gempa bumi 21 November 2022 adalah sesar bawah permukaan utara-barat laut – selatan-tenggara (NNW – SSE) pada level struktur geologi ductile shear zone (Park, 1983), yaitu sesar bawah permukaan yang terjadi pada kedalaman 10 – 11 km (GFZ dan BMKG) dengan arah umum nodal plane (NP1): N3470-3500E – N1670E-1700E berupa jenis sesar mengangan (dextral strike-slip). Apabila diterus-

kan sampai kedalaman 19 km (USGS), maka sesar bawah permukaan tersebut di duga merupakan sesar bawah permukaan nodal plane (NP2): N3550E – N1750E berupa sesar jenis naik menganan (reverse-Right slip fault).

Sesar bawah permukaan yang dihasilkan dari fokal mekanisme gempa tersebut (NNW-SSE atau N3550E-N1750E) yang arah pergerakan mendatar menganan (dextral strike slip) penyebab gempa bumi tektonik tersebut, di duga, merupakan pasangan conjugate dari Sesar Cimandiri, Segmen Rajamandala (N700E – N2500E) dengan arah gerak mendatar mengiri (sinistral strike slip) dikendalikan oleh tegasan utama terbesar regional berarah timur laut – barat daya (σ_1) N400E – N2200E. Kedua sesar ini merupakan sesar yang terdapat dalam Zona Wilayah Sistem Sesar Cimandiri (Cimandiri Fault Systems Area Zone).

*Bekerja di Pusat Survei Geologi (PSG).

Sumber Gempa Bumi Daerah Cianjur

Oleh: Supartoyo*

“Daerah Cianjur memiliki sumber gempa bumi di laut dan darat. Di laut yaitu zona penunjaman, di darat sesar aktif, yaitu sesar Rajamandala, segmen sesar Cimandiri, sesar di daerah Cugenang. Oleh karena itu, mengidentifikasi sumber gempa bumi sangat penting sebagai masukan untuk analisis bahayanya”.

Kejadian gempa bumi pada 21 November 2022 dengan magnitudo 5,6 Mw sangat mengagetkan kita semua. Kejadian tersebut mengakibatkan dampak yang sangat besar meskipun magnitudonya tidak tergolong besar. Menurut informasi dari media online korban mencapai 602 jiwa, ratusan orang luka-luka dan ribuan rumah mengalami kerusakan (<https://news.republika.co.id>). Data dari tiga stasiun perekam gempa bumi yaitu Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), The United States Geological Survey (USGS) Amerika Serikat dan Geo Forschungs Zentrum (GFZ) Jerman memperlihatkan bahwa kejadian gempa bumi itu kedalaman-nya dangkal, sehingga pasti berasosiasi dengan keberadaan sesar aktif di sekitar lokasi pusat gempa bumi. Selain dampak gempa bumi signifikan yang diikuti oleh bahaya ikutan (collateral hazard) cukup massif berupa gerakan tanah dan retakan tanah, kejadian gempa bumi itu masih menyisakan pertanyaan berkaitan dengan lokasi sumbernya. Lokasinya belum dipetakan sebelumnya (Soehaimi dkk., 2021; Pusat Gempa Nasional/Pusgen, 2017). Karakteristik sumber gempa buminya pun belum teridentifikasi dengan baik oleh para ahli kebumian.

Selain sesar aktif di daerah Cugenang ada beberapa sumber gempa bumi lainnya di sekitar Kabupaten Cianjur. Berdasarkan

data yang dikumpulkan, sumber gempa buminya tidak hanya tersebar di darat tetapi juga di laut (Soehaimi dkk., 2021; Pusgen, 2017) yaitu: zona penunjaman dan sesar aktif di sekitar wilayah Cianjur. Lokasi sumber gempa bumi dan karakteristiknya sangat perlu untuk diidentifikasi. Data tersebut sangat diperlukan guna menganalisis bahaya guncangan gempa bumi untuk Menyusun Peta Kawasan Rawan Bencana (KRB) Gempa Bumi. Data tersebut juga sangat berguna sebagai masukan dalam perencanaan penataan ruang. Dengan demikian, data lokasi dan karakteristik sumber gempa bumi sangat berguna dalam mendukung upaya mitigasi gempa bumi dan penataan ruang. Hal ini sesuai dengan amanah pada Undang – Uandang (UU) nomor 24 tahun 2007 tentang Penganggulangan Bencana dan UU nomor 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang.

Tulisan ini membahas sumber gempa bumi daerah sekitar Cianjur. Bahannya bersumber dari acuan yang tersedia, parameter kejadian gempa bumi tanggal 21 November 2022, dan analisis penulis. Tulisan ini bertujuan untuk memperkenalkan sumber gempa bumi daerah Cianjur dan sekitarnya kepada para pembaca. Dengan mengetahui sumber gempa bumi akan memudahkan para pembaca untuk memperkirakan potensi bahaya gempa bumi.

Mengidentifikasi Sumber Gempa Bumi

Sumber gempa bumi merupakan zona tempat asal mula dari kejadian gempa bumi dan berkaitan dengan keberadaan struktur geologi suatu daerah. Menurut Pusgen (2017), zona sumber gempa didefinisikan sebagai area yang mempunyai derajat gempa bumi yang sama, mempunyai kemungkinan yang sama akan terjadinya gempa bumi di masa mendatang. Sebaran sumber gempa bumi terletak di darat dan di laut. Sumber gempa bumi tidak berupa titik (*point*) tapi merupakan suatu zona yang memiliki dimensi panjang dan lebar. Hingga kini dikenal beberapa sumber gempa bumi yaitu: zona tumbukan antarlempeng (subduksi atau kolisi), gempa bumi kerak dangkal (*shallow crustal earthquake*) atau dikenal dengan sebutan sesar aktif, *outer rise* dan *background*.

Zona subduksi merupakan tempat pertemuan antarlempeng benua dan samudera yang saling berbenturan dan menghasilkan jalur magmatik, sedangkan kolisi merupakan pertemuan lempeng sejenis yang tidak menghasilkan jalur magmatik. Sumber gempa bumi subduksi dibagi menjadi dua yaitu megathrust dengan kedalaman penunjaman kurang dari 40 km dan intraslab dengan kedalaman penunjaman lebih dari 40 km. Dalam konsep tektonik, Intraslab merupakan zona Benioff. Sesar aktif adalah sesar yang pernah bergerak pada kurun waktu 10.000 tahun yang lalu (*California State Mining and Geology Board Classification, 1973* dalam Keller dan Pinter, 1996; Keller dan Pinter 2002). Outer rise merupakan sumber gempa bumi pada kerak samudera yang terletak di depan dari zona penunjaman (Craig dkk., 2014). Background merupakan sumber gempa bumi yang belum didefinisikan secara baik dari aspek struktur geologi dan geotektonik.

Parameter sumber gempa bumi merupakan input utama untuk menyusun Peta KRB gempa bumi, yang meliputi: sebaran, dimensi dan nilai laju geser (*slip rate*). Oleh karena itu data ini sangat penting. Ada beberapa metode untuk mengidentifikasi sumber gempa bumi yaitu: morfotektonik, sebaran gempa bumi, paleoseismologi dan geodesi. Metode morfotektonik dilakukan melalui penafsiran data citra, foto udara dan pengamatan lapangan. Analisis data citra difokuskan untuk mengidentifikasi adanya kelurusan-kelurusan yang diduga merupakan zona sesar, gawir sesar, dan adanya pergeseran (*offset*). Kelurusan tersebut berupa kelurusan pegunungan, lembah, sungai dan muka pegunungan (*mountain front*). Muka pegunungan merupakan zona peralihan atau transisi antara topografi pegunungan dan dataran (Bull, 2007). Muka pegunungan pada umumnya menempati bidang sesar atau zona sesar. Pergerakan sesar mengakibatkan terbentuknya gawir sesar yang mempunyai bentuk melengkung (*flexure scarp*), perbukitan facet segitiga, dan linier.

Untuk mengetahui sebaran kegempaan dilakukan melalui pemantauan gempa bumi menggunakan peralatan seismograf yang terdiri atas sensor yang disebut seismometer, perekam data, GPS clock dan sumber listrik. Seismometer ada yang terdiri atas satu komponen (komponen vertikal) dan tiga komponen (satu vertikal

dan dua horisontal). Peralatan seismograf diatur hingga membentuk jaringan seismik pemantau gempa bumi dengan jumlah minimal adalah tiga atau empat stasiun. Institusi pemantauan gempa bumi tektonik di Indonesia dilakukan oleh BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika).

Pemantauan gempa bumi dapat dilakukan permanen atau sementara dalam kurun waktu tertentu. Data dari hasil pemantauan gempa bumi berupa sebaran pusat gempa bumi (*episenter*) dan kedalaman. Berdasarkan data ini dikombinasikan dengan peta geologi yang tersedia, maka akan dapat dilakukan identifikasi sesar aktif. Kadang-kadang kehadiran suatu sesar aktif tidak tercermin dari kenampakan morfotektonik, sehingga data sebaran gempa bumi akan sangat membantu.

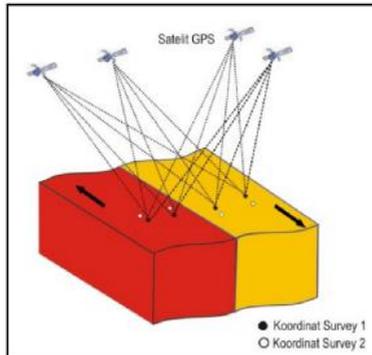
Paleoseismologi merupakan studi gempa bumi masa lampau meliputi lokasi, waktu dan ukuran (McCalpin, 1996 dan 2009). Apabila para seismologis bekerja berdasarkan interpretasi data dari peralatan perekam gempa bumi atau seismograf, sedangkan para paleoseismologis bekerja dengan berdasarkan data geologi permukaan dan bawah permukaan untuk menafsirkan kejadian gempa bumi lampau. Tidak semua kejadian gempa bumi purba akan meninggalkan jejak deformasi. Kejadian gempa bumi purba yang meninggalkan jejak deformasi umumnya yang mempunyai kekuatan atau magnitudo paling tidak lebih besar dari 5,5 Mw (Well dan Coppersmith, 1994, Bonilla, 1998, Keefer, 1984 dalam McCalpin, 2009). Studi paleoseismologi dilakukan dengan membuat paritan atau dengan melakukan pembersihan tebing yang terjadi akibat aktivitas penambangan atau pembuatan jalan. Studi paleoseismologi dilakukan dengan membuat paritan yang terletak pada bidang sesar atau zona sesar.

Pada studi paleoseismologi umumnya dilakukan penentuan umur. Metode penentuan umur yang sering dilakukan berdasarkan pentarikan radiokarbon. Metode ini dapat menentukan umur berdasarkan material biogenik, kayu, tanaman, charcoal, gambut, endapan sedimen danau, cangkang kerang, kerangka, tulang, tanah, dan paleosols (Walker, 2008). *Paleosols* merupakan tanah yang tertimbun dan disebut juga sebagai fosil tanah (*fossil soils*) atau geosol (Walker, 2008). Geosol merupakan komponen penting se-

bagai jejak stratigrafi Kuartar dan mengandung berbagai macam organik antara lain *charcoal* (Goh dan Molloy, 1979 dalam Walker, 2008). Geosol sering berfungsi sebagai lapisan petunjuk (marker horizons) pada sekuen stratigrafi dan dapat ditentukan umurnya. Di samping metode radiokarbon, pentarikhan geosol dapat menggunakan metode luminescence (Walker, 2008). Dengan diketahuinya umur dari beberapa lapisan, maka dapat ditentukan waktu kejadian gempa bumi purba. Apabila kejadian gempa bumi purba ada perulangan, maka akan dapat ditentukan laju geser yang dikenal dengan sebutan *geological slip rate*.

Metode geodesi menggunakan GPS tipe geodetik yang bertujuan untuk mengetahui arah dan besarnya laju geser (*slip rate*) dengan tingkat ketelitian tinggi hingga orde milimeter (mm). Untuk memperoleh datanya, dilakukan pemantauan secara periodik. Oleh karena itu, diperlukan adanya lokasi titik pantau. Prinsip metode ini adalah adanya posisi yang berbeda pada lokasi titik pantau dari hasil pengukuran dalam kurun waktu yang berbeda. Lokasi titik pantau tersebut diletakkan di sekitar daerah-daerah atau zona sesar aktif yang diperkirakan berpotensi terjadi gempa bumi. Sebaran titik-titik pantau tersebut pada lokasi yang terletak dekat dan jauh dari bidang sesar. Lokasi titik pantau dapat diletakkan di atas permukaan tanah atau ditempatkan di atas gedung atau bangunan dengan kriteria:

- Lokasi harus di tempat terbuka dan dapat di atas gedung atau bangunan. Tempat terbuka merupakan persyaratan utama agar *receiver* dapat menerima sinyal GPS.
- Peruntukan lokasi agar tidak berubah.
- Apabila ditempatkan di atas bangunan, bangunan tersebut harus kuat dan kokoh.
- Apabila akan diletakkan di atas tanah maka dilakukan pembuatan tugu dengan besi dan dicor semen yang kokoh. Kondisinya harus tanah keras dan terbuka baik dari tanaman maupun bangunan. Kemudian dibuat titik ikat dengan besi dan dicor.
- Lokasi diusahakan telah terpasang jaringan listrik untuk memudahkan pemasangan pertama kali dan pengukuran selanjutnya.



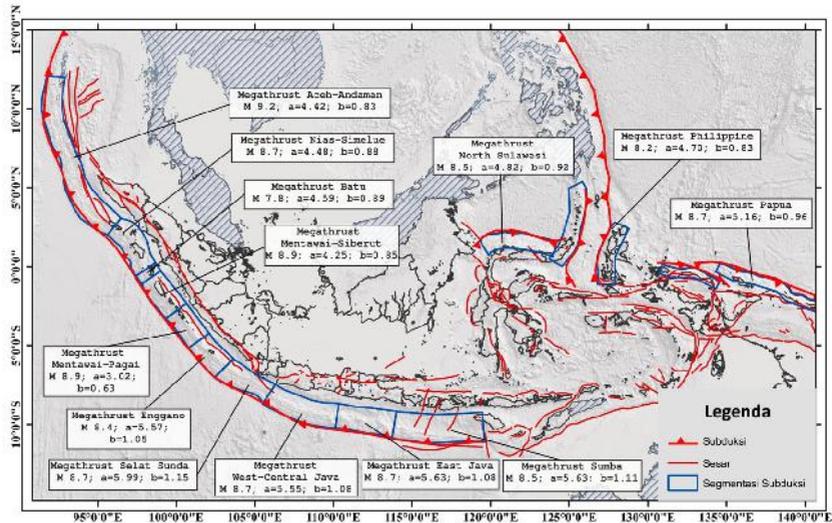
Gambar 1. Ilustrasi Penggunaan GPS Untuk Studi Geodinamika (Abidin, 2007).

Sumber Gempa Bumi Daerah Cianjur

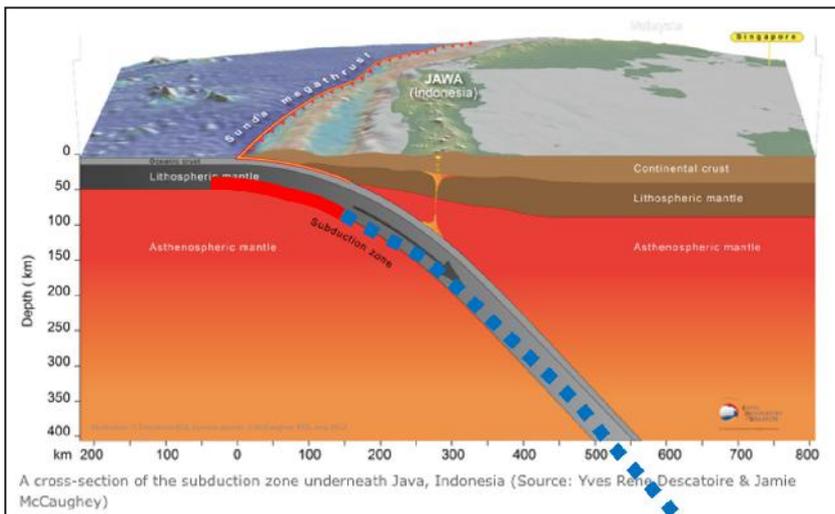
Berdasarkan data pada acuan, terdapat beberapa sumber gempa bumi di sekitar daerah Cianjur baik di laut maupun di darat. Sumber gempa bumi di laut merupakan zona subduksi yang merupakan tempat pertemuan antara Lempeng Benua Eurasia dan Lempeng Samudera Indo-Australia, terletak di Samudera Hindia selatan pantai Jawa dan berjarak sekitar 250 km dari garis pantai Jawa. Zona subduksi terdiri atas megathrust dan zona intraslab. Adapun sumber gempa bumi di darat berasal dari beberapa sesar aktif. Berdasarkan data terkini terutama data GPS, sumber gempa bumi megathrust untuk Pulau Jawa dapat dibagi menjadi tiga segmen, yaitu: Selat Sunda, Jawa Barat-Jawa Tengah dan Jawa Timur (Pusgen, 2017). Gempa bumi dari megathrust berpotensi menyebabkan tsunami bila magnitudo besar, kedalaman dangkal dan terjadi deformasi pada morfologi dasar laut. Adapun karakteristik masing-masing segmen ditampilkan pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Karakteristik sumber gempa bumi megathrust di sekitar Kabupaten Cianjur (Pusgen, 2017).

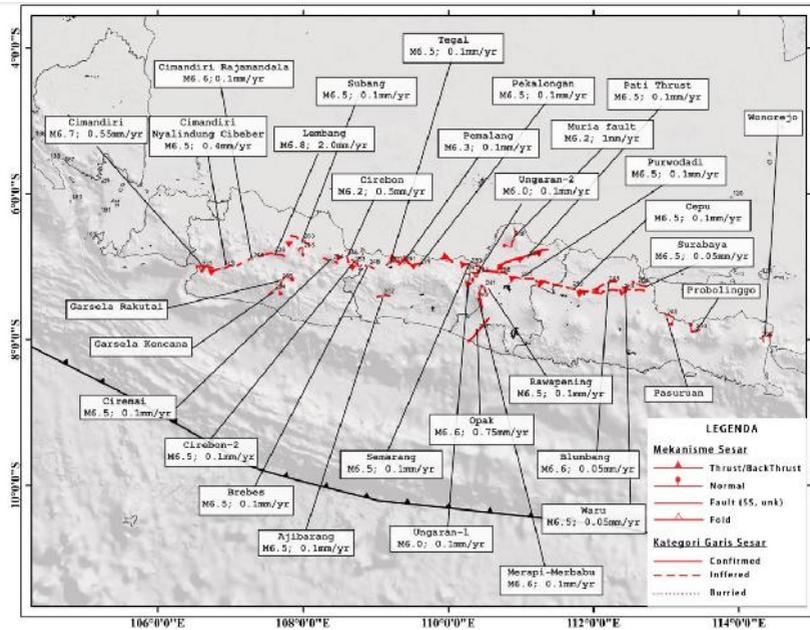
No.	Segmen Megathrust	Panjang (km)	Lebar (km)	Slip rate Geodesi (cm/thn)	M Maks metode Geodesi	Sejarah gempa bumi besar
1.	Selat Sunda	280	200	4	8,8	1699; 1780 Mw 8,5
2.	Jawa Barat – Jawa Tengah	320	200	4	8,8	1903 Mw 8,1; 2006 Mw 7,8
3.	Jawa Timur	440	200	4	8,9	1916 Mw 7,2; 1995 Mw 7,8



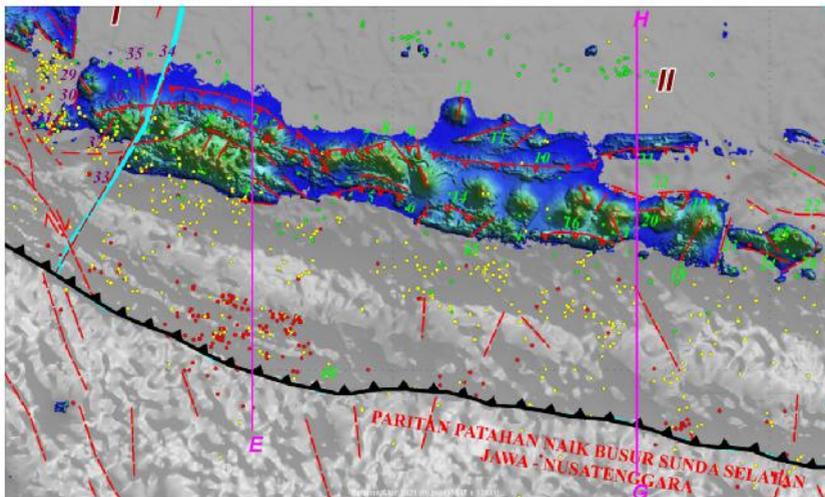
Gambar 2. Sumber gempa bumi zona subduksi di Indonesia (Pusgen, 2017). Daerah Cianjur terletak dekat dengan Megathrust Selat Sunda dan Jawa Barat-Jawa Tengah.



Gambar 3. Ilustrasi sumber gempa bumi megathrust (garis merah) dan intraslab (garis biru putus-putus).



Gambar 4. Sumber gempa bumi sesar aktif di Pulau Jawa (Pusgen, 2017). Terdapat beberapa sesar aktif di sekitar daerah Cianjur.



Gambar 5. Sumber gempa bumi sesar aktif di Pulau Jawa (Soehaimi dkk, 2021).

Sumber gempa bumi terkait zona subduksi daerah Cianjur adalah intraslab yang terjadi pada bidang gesekan antara lempeng benua Eurasia dan lempeng samudera Indo-Australia. Proyeksi ke permukaan lokasi pusat gempa bumi pada zona intraslab apabila kedalaman berkisar 100 km hingga 250 km diperkirakan terletak di daratan Pulau Jawa, sedangkan kedalaman lebih dari 250 km diperkirakan di Laut Jawa. Kedalaman sumber gempa bumi intraslab di Pulau Jawa dapat mencapai hingga 700 km (Kertapati, 2006). Dampak atau jenis bahaya dari kejadian gempa bumi intraslab yang terasa adalah guncangan, sedangkan bahaya sesar permukaan (*fault surface rupture*) dan bahaya ikutan (*collateral hazard*) jarang terjadi.

Sumber gempa bumi lainnya adalah sesar aktif. Menurut data ada beberapa sesar aktif di sekitar daerah Cianjur. Menurut data Pusgen (2017) ada sesar Cimandiri (segmen Cimandiri, Nyalindung-Cibeber dan Rajamandala). Menurut Soehaimi dkk (2021) terdapat sesar naik Bumiayu, sesar naik Baribis, sesar mendatar Cimandiri, sesar normal Lembang, sesar mendatar Cicalengka dan Lagadar, sesar naik Jatigede dan sesar mendatar naik Citanduy.

Tabel 1. Karakteristik sesar aktif di sekitar daerah Cianjur (Pusgen, 2017).

No.	Nama Sesar	Segmen	Kinematika	Dip	Panjang (km)	Slip rate (mm/thn)	M max (Mw)
1.	Cimandiri	Cimandiri	Naik	45 S	23	0,55	6,7
2.	Cimandiri	Nyalindung-Cibeber	Naik	45 S	30	0,4	6,5
3.	Cimandiri	Rajamandala	Mendatar	90	45	0,1	6,6
4.	Lembang	Lembang	Mendatar	90	29,5	2	6,8

Supartoyo (2019) menyatakan sesar aktif yang terletak dekat daerah Cianjur adalah sesar Cimandiri dengan kinematika mendatar dengan komponen naik yang terbagi menjadi 3 segmen dari barat ke timur adalah: Segmen Cibuntu (berarah barat timur, panjang 17,2 km, magnitudo maksimum 6,5 Mw, pergeseran mak-

simum 0,89 m dan zona pecah adalah 269,1535 km²), Segmen Padabeunghar (berarah barat daya-timur laut, panjang 12,78 km, magnitudo maksimum 6,4 Mw, pergeseran maksimum 0,79 m, dan zona pecah adalah 218,7762 km²), Segmen Baros (berarah barat daya-timur laut, panjang 16,36 km, magnitudo maksimum 6,5 Mw, pergeseran maksimum 0,89 m dan zona pecah adalah 269,1535 km²). Selain itu, ada sesar naik Rajamandala yang terletak di tenggara Kota Cianjur (Sudjatmiko, 1972; Martodjodjo, 2003).

Sumber Gempa Bumi Tanggal 21 November 2022

Kejadian gempa bumi tanggal 21 November 2022 hingga kini masih menyisakan pertanyaan berkaitan dengan lokasi dan karakteristik sumber gempa bumi. Berdasarkan acuan, belum ada sesar aktif di sekitar lokasi pusat gempa bumi tanggal 21 November 2022 (Soehaimi dkk., 2021; Pusgen, 2017). Menurut pengamatan penulis, dampak kejadian gempa bumi tanggal 21 November 2022 tidak mengakibatkan munculnya sesar permukaan (fault surface rupture), melainkan hanya berupa retakan tanah (ground crack) dengan panjang sekitar 1 m hingga 5 m dan kedalaman sekitar 2,5 m dari permukaan tanah (berdasarkan data pengukuran menggunakan peralatan *Ground Penetration Radar/ GPR*).

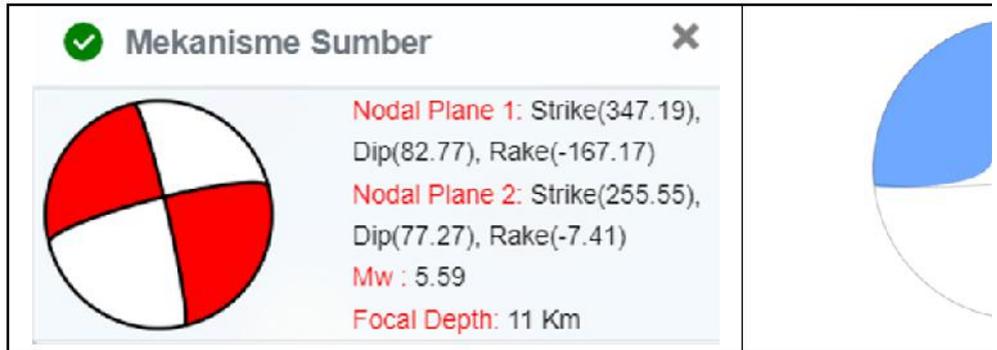
Oleh karena itu, dari data geologi permukaan akan sulit untuk mengidentifikasi sesar aktif penyebab gempa bumi. Sesar permukaan (fault surface rupture) didefinisikan sebagai pergeseran (horizontal maupun vertikal) pada permukaan tanah sewaktu terjadi gempa bumi dari lokasi pusat gempa bumi yang mencapai permukaan tanah (Avar dan Hydima, 2019). Secara teoritis, kejadian gempa bumi dengan magnitudo M 5,6 pada tanggal 21 November 2022 akan sangat kecil untuk menghasilkan offset di permukaan tanah (Wells dan Coppersmith, 1994).



Gambar 6. Retakan tanah permukaan dengan pergerakan offset mengiri 4 cm di Desa Gasol, Kecamatan Cugenang (Gambar kiri). Gambar kanan retakan tanah permukaan dengan pergerakan vertikal 13 cm dan offset mengiri 6 cm di Desa Cibulakan, Kecamatan Cugenang. Retakan tanah permukaan ini bukan merupakan sesar permukaan.

Data mekanisme sumber (*focal mechanism*) yang dikeluarkan oleh tiga stasiun gempa bumi yaitu BMKG, USGS Amerika Serikat dan GFZ Jerman memperlihatkan bahwa ada dua bidang yang menjelaskan kedudukan bidang sesar (*fault plane*) dan satu lagi merupakan bidang bantu (*auxiliary plane*). Secara umum data ketiga stasiun itu relatif sama yaitu berarah utara barat laut (NNW) – selatan tenggara (SSE) dan barat barat daya (WSW) – timur timur laut (ENE). Perbedaannya terletak pada posisi kedudukan bidang sesar, di mana stasiun BMKG pada arah NNW – SSE kemiringan relatif ke arah barat, sedangkan stasiun USGS Amerika Serikat dan GFZ Jerman kemiringan relatif ke arah timur. Selanjutnya pada arah SSE – WSW menurut stasiun BMKG kemiringan relatif ke arah utara, sedangkan stasiun USGS Amerika Serikat dan GFZ Jerman kemiringan relatif ke arah selatan.

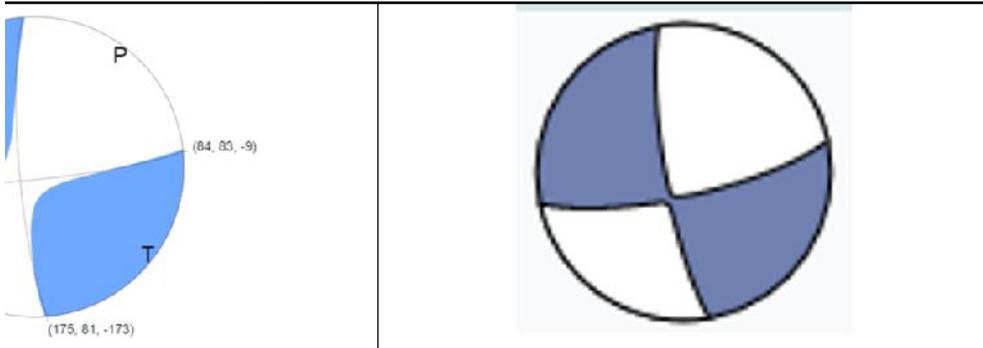
Berdasarkan data mekanisme tersebut semestinya kedudukan bidang sesar penyebab gempa bumi tanggal 21 November 2022 hanya satu, apakah berarah NNW – SSE atau WSW – ENE. Permasalahan analisis dan interpretasi kedudukan bidang sesar di antara kedua arah tersebut terjadi karena tidak ada indikasi struktur geologi permukaan karena tertutup oleh endapan rombakan batuan gunung api yang cukup tebal dan juga tidak ada data sesar permukaan yang menyertai kejadian gempa bumi tanggal 21 November 2022.



Gambar 7. Data mekanisme sumber kejadian gempa bumi Cianjur tanggal 21 November 2022 yang tercatat oleh stasiun gempa bumi BMKG (kiri), USGS Amerika Serikat (tengah) dan GFZ Jerman (kanan).

Salah satu makalah yang membahas hal tersebut adalah Supendi dkk. (2023). Berdasarkan analisis data kegempaan, mekanisme sumber dan *stress coulomb* disimpulkan bahwa kejadian gempa bumi tanggal 21 November 2022 diakibatkan oleh gabungan sesar mendatar (*conjugate strike slip fault system*) yang terbagi menjadi dua segmen berarah NNW- SSE dan WSW- ENE dengan panjang sekitar 8 km dan 5 km (Supendi dkk., 2023). Pada makalahnya, Supendi dkk (2023) menyatakan bahwa perubahan stress coulomb ke arah selatan tenggara (SSE) di mana terdapat Sesar Rajamandala yang harus diwaspadai untuk pergerakan yang berpotensi terjadi gempa bumi pada masa yang akan datang.

Dengan demikian, kajian ini menunjukkan bahwa daerah Kabupaten Cianjur tergolong rawan gempa bumi karena terdapat beberapa sumber gempa bumi, yaitu zona subduksi (*megathrust dan intraslab*) dan sesar aktif yang terletak di darat (sesar aktif Cimandiri, Rajamandala dan sesar aktif di daerah Cugenang). Meskipun keberadaan sesar aktif tersebut telah diketahui, tapi perlu untuk dilakukan pemetaan dan penyelidikan lebih rinci menggunakan metode geologi, geofisika dan geodesi guna mengetahui sebaran rinci dan karakteristiknya yaitu bukti gempa bumi masa lalu, dimensi sesar dan laju geser (*slip rate*).



Data tersebut sangat diperlukan dalam melakukan pemutakhiran analisis bahaya gempa bumi untuk mendukung upaya mitigasi gempa bumi dan juga penataan ruang. Analisis stress coulomb dari kejadian gempa bumi tanggal 21 November 2022 juga mengarah ke selatan tenggara di mana terdapat Sesar Rajamandala. Sesar ini harus diwaspadai karena bisa jadi berpotensi terjadi gempa bumi pada masa yang akan datang.

*Bekerja di Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG)



Gambaran Bawah Permukaan Kejadian Gempa Cianjur 2022 Berdasarkan Data Geofisika

Oleh: Hidayat, Sukahar Eka Adi Saputra, Aji Suteja, M. Ervan, Yayan Sopyan,
Agus Garniwan*

“Mekanisme yang menyebabkan gempa Cianjur diperkirakan merupakan sesar oblique”

Fenomena gempa Cianjur menjelang akhir tahun 2022 merupakan gempa yang terjadi akibat segmen patahan yang tidak berasal dari segmen-segmen patahan yang sudah diketahui sebelumnya (Supendi dkk, 2023). Hal ini menjadi pertanyaan bagi para geosaintis untuk dapat mengetahui fenomena apa di balik kejadian gempa pada kedalaman sekitar 10 km ini. Untuk itu, data geofisika seperti gravity dapat memberikan gambaran tentang mekanisme terjadinya gempa bermagnitudo 5.6 tersebut karena kemampuannya untuk menjangkau kedalaman yang sangat dalam hingga orde kilometer di bawah permukaan.

Sebagaimana diketahui, data gaya berat atau yang dikenal juga dengan data gravity merupakan salah satu metode geofisika untuk menentukan kondisi geologi suatu daerah berdasarkan distribusi anomali berat jenisnya (*densitas*). Dalam konteks peristiwa kejadian gempa bumi Cianjur tahun 2022, dalam tulisan ini dikaji gambaran bawah permukaan kejadian tersebut berdasarkan data-data geofisika berupa gaya berat dan geomagnet.

Pengambilan dan Pengolahan Data Gaya Berat

Metode yang digunakan dalam kajian ini berdasarkan pada pengukuran tentang adanya perbedaan medan gaya berat dari satu titik amat ke titik amat yang lain, perbedaan ini disebabkan karena adanya distribusi massa batuan yang tidak merata dikerak bumi. Adanya perbedaan massa jenis dari satu tempat ke tempat lain akan menimbulkan medan gaya berat yang tidak merata, perbedaan inilah yang terukur dipermukaan bumi.

Pengolahan data gaya berat meliputi konversi nilai skala alat ke nilai satuan gayaberat (mGal) yang dihitung dengan beberapa koreksi seperti: koreksi pasang surut (*tide correction*), apungan alat (*drift correction*), efek udara bebas (*free air correction*), dan koreksi topografi (*terrain correction*). Setelah selesai data direduksi maka didapatkan nilai anomali Bouguer selanjutnya disajikan dalam bentuk peta anomali Bouguer.

Rumus untuk mendapatkan anomali Bouguer:

$$BA = G_{obs} - G_0 - B.C + FA.C + TC + C.$$

- Di mana:
- BA** : Bouguer anomali
 - G_{obs}** : Harga gayaberat pengamatan
 - G₀** : Harga gayaberat pada suatu lintang
 - BC** : Koreksi bouguer
 - TC** : Koreksi medan
 - FAC** : Koreksi udara bebas
 - C** : Koreksi pasang surut

Proses pengambilan datanya pertama-pertama adalah alat gravimeter yang digunakan untuk pengukuran gaya berat di lapangan adalah gravimeter tipe Lacoste & Romberg G.525, sedangkan untuk mengukur ketinggian dan posisi digunakan alat ukur GPS Leica Viva. Sebelum berangkat ke lapangan lebih dulu dilakukan pengikatan (pembacaan gaya berat G.Observasi di titik TTG 61) yang berlokasi di halaman Stasiun Kereta Api Cianjur sebagai titik

acuan yang sudah diketahui nilai G.Obs-nya dan nantinya diturunkan ke base station (Hotel TW Cianjur). Pengukuran di lapangan menggunakan cara *looping* tertutup yaitu pengukuran dimulai dari titik base dan kembali ke base setelah melalui titik pengamatan (BS-A-B-C-D-BS), spasi (jarak pengukuran) antar titik adalah sekitar 1 km.

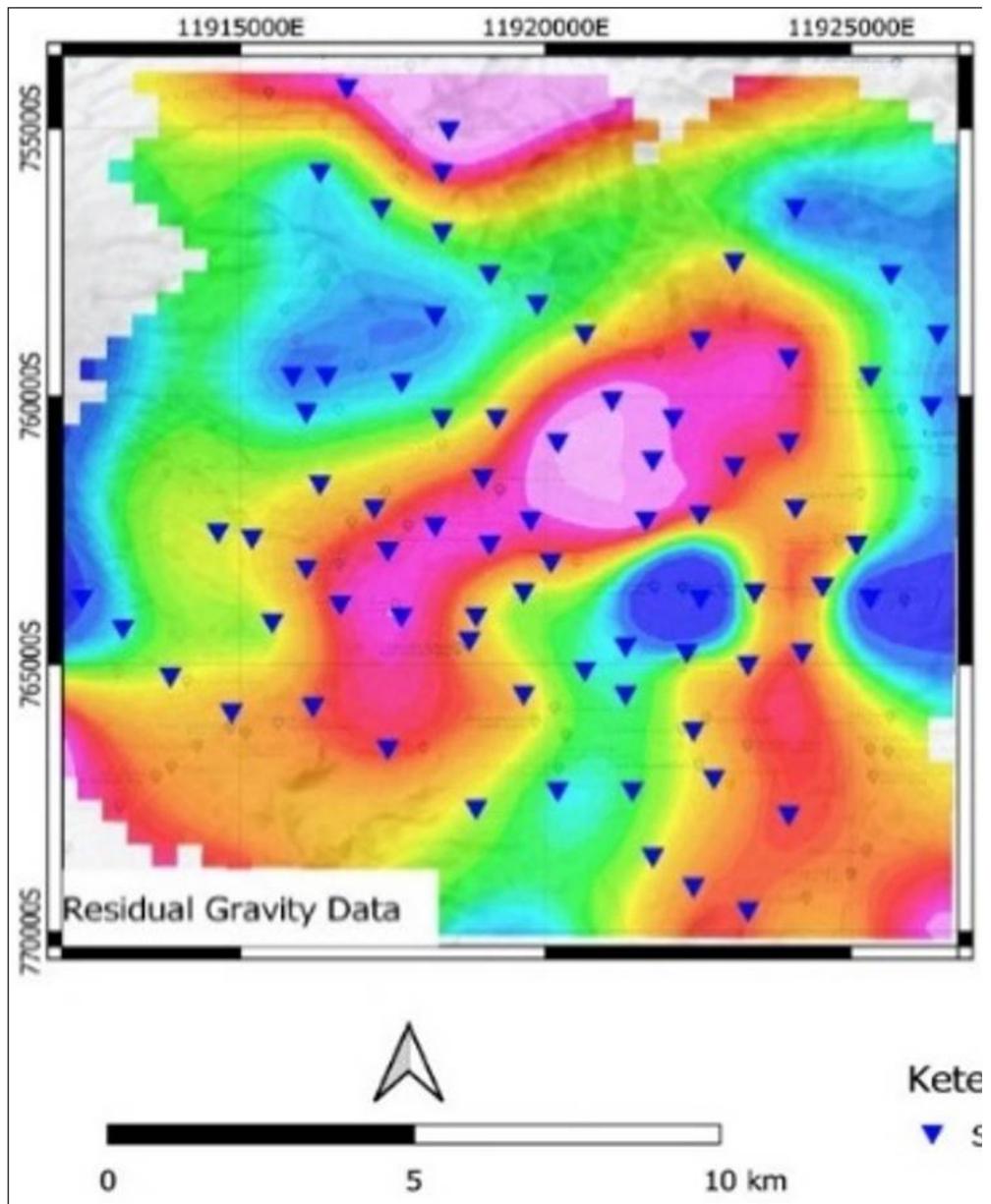


Gambar 1. Pengikatan Pengukuran posisi dan Ketinggian titik TTG 61 di depan Stasiun Kereta api Cianjur menggunakan GPS Leica dan pengikatan G Obs menggunakan Gravitimeter G.525.



Gambar 2. Pengukuran gravity dan GPS di Lapangan

Jumlah data yang diperoleh adalah sebanyak 78 titik pengukuran. Untuk melihat lebih jelas pola anomali gaya berat hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3. Pola anomali gaya berat dan stasiun pengamatan gaya berat pasca Gempa Cianjur 21 November 2022

Survei Geofisika Metode Anomali Magnet

Survei geofisika metode magnet pada prinsipnya adalah mengukur variasi intensitas medan magnet di permukaan bumi. Salah satu faktor penting yang dapat membedakan batuan yang satu dengan lainnya adalah variasi perbedaan distribusi batuan termagnetisasi di bawah permukaan bumi seperti perbedaan susunan mineral ferromagnetik dalam batuan.

Kegiatan survei anomali magnet menggunakan dua peralatan magnetometer untuk pengukuran di stasiun induk dan stasiun lapangan. Peralatan magnetometer dengan seri Magnetometer G-856 merk Geometrics sebagai alat di stasiun induk dan Magnetometer Conselo GSM 19T sebagai alat di stasiun pengukuran. Pengukuran di stasiun induk bertujuan untuk mendapatkan nilai dari variasi harian magnet bumi, serta dapat mengetahui apabila terjadi badai magnet yang mempengaruhi nilai pengukuran, sehingga bila terjadi badai magnet maka pengukuran harus ditangguhkan sampai keadaan normal kembali. Pemasangan alat di stasiun induk jauh dari sumber-sumber yang dapat mempengaruhi pembacaan magnetik seperti kabel tegangan tinggi, rel kereta api, pipa-pipa besi, batuan yang menonjol di permukaan (*boulders*) dan lain-lain. Pengukuran data magnet di stasiun induk dilakukan sepanjang hari dengan interval waktu 5 menit.

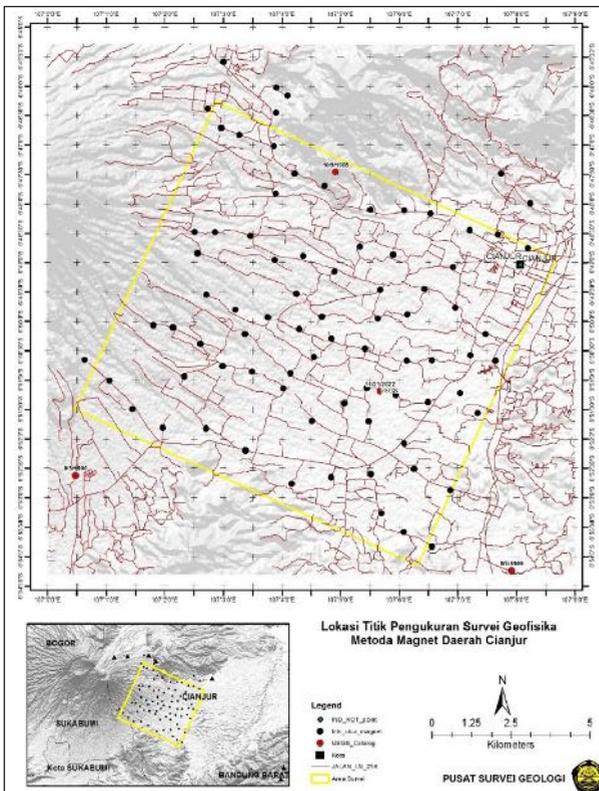
Sama halnya dengan di stasiun induk, pengukuran di stasiun lapangan juga perlu memperhatikan adanya gangguan yang mempengaruhi bacaan di sekitar lokasi pengukuran. Pengukuran di stasiun lapangan dilakukan sebanyak tiga kali dan selanjutnya diambil nilai rata-ratanya (Gambar 3). Sistem pengambilan data berupa lintasan tertutup, yaitu dimulai dan diakhiri di lokasi stasiun induk dalam satu hari pengukuran jumlah titik pengukuran data magnet di lapangan adalah 81 titik dengan interval pengukuran 1 km (Gambar 4).

Survei
Stasiun Gravity

Pengolahan data magnet perlu dilakukan beberapa tahapan koreksi untuk menghilangkan faktor-faktor yang mempengaruhi nilai pengukuran. Koreksi yang dilakukan adalah koreksi variasi harian dan koreksi regional IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*). Pengolahan data dilakukan dalam basis data dengan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel dan Geosoft Oasis Montaj untuk mendapatkan peta anomali magnet.



Gambar 3. Pengukuran data magnet di stasiun lapangan menggunakan Magnetometer Conselo GSM 19T



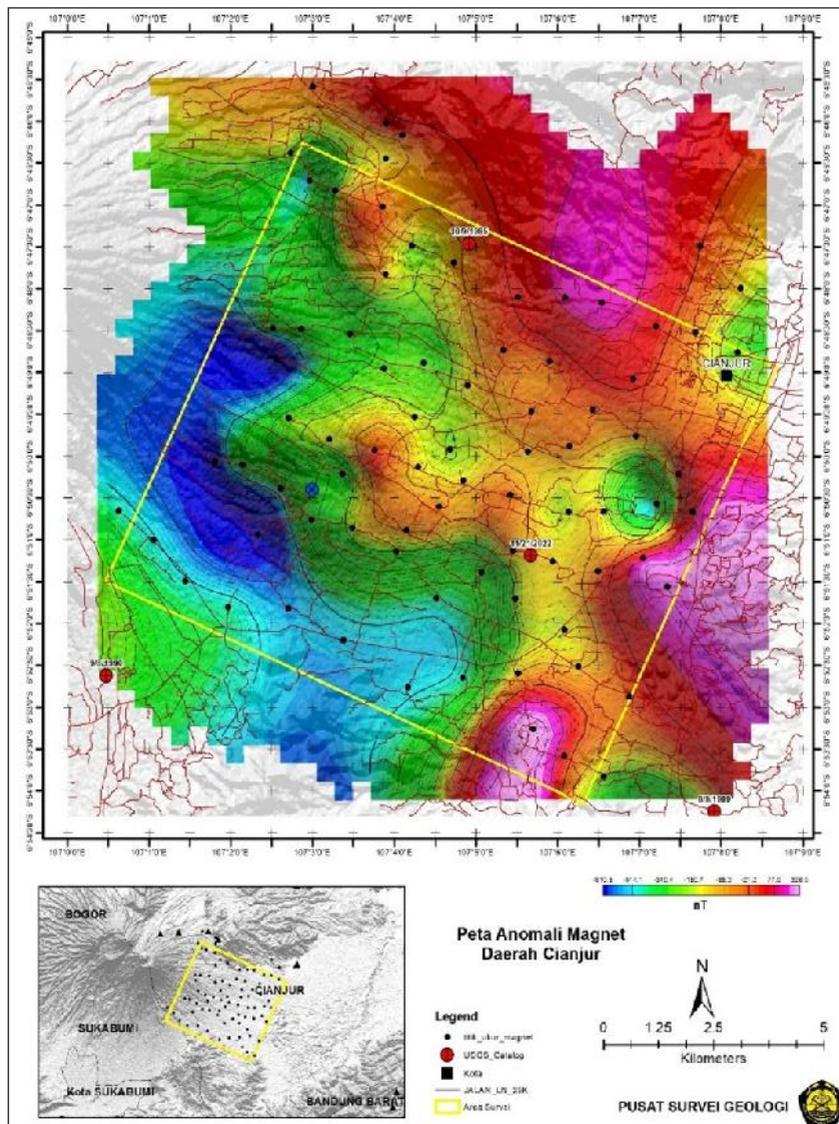
Gambar 4. Lokasi titik pengukuran data anomali magnet di Cianjur

Dari hasil pengolahan dan koreksi data dapat disusun Peta Anomali Magnet Daerah Cianjur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Nilai anomali magnet daerah Cianjur berkisar dari 363.85 nT hingga-842.98 nT dengan pola sebaran anomali magnet berarah cenderung utara-selatan. Peta ini belum bisa dilakukan interpretasi lebih dalam karena masih ada pengaruh dua kutub (*dipole*) pada peta. Sehingga perlu dilakukan koreksi reduksi ke kutub sehingga anomali berada tepat di atas sumbernya. Berdasarkan Peta Reduksi ke Kutub (RTP) Magnet di daerah Cianjur, sebaran nilai anomali tinggi berada di bagian timur peta dan anomali rendah berada di bagian barat peta.

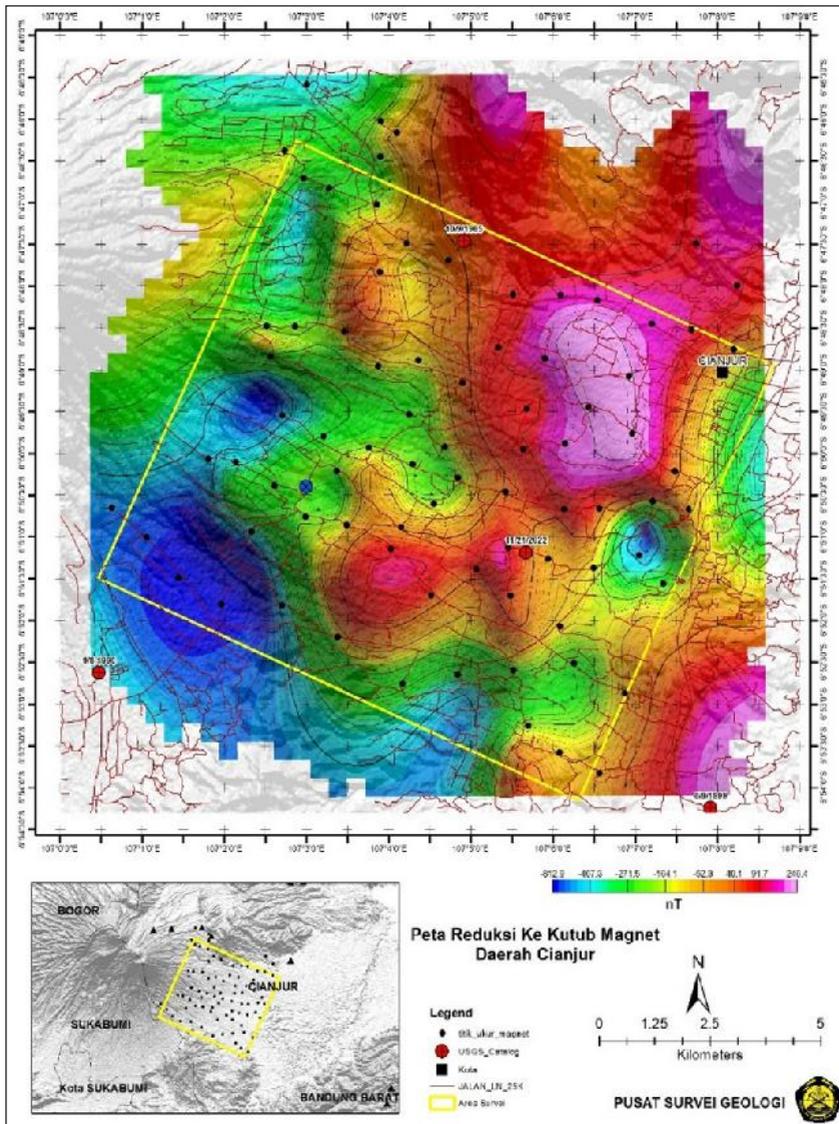
Pola sebaran anomali magnet pada Peta RTP Magnet (Gambar 6) dipengaruhi oleh batuan vulkanik di daerah survei. Nilai anomali magnet tinggi dengan variasi nilai dari 40 nT hingga 246.4 nT merupakan respon dari batuan vulkanik tua yang tersusun oleh breksi andesit piroksen bersisipan dengan lava andesit. Nilai anomali magnet rendah yang berada di bagian barat peta memiliki nilai anomali dari -52.3 nT hingga -812.9 nT. Anomali magnet rendah dipengaruhi oleh batuan vulkanik muda, breksi dan lahar dari gunung gede, tersusun oleh batupasir tufan, serpih tufan, dan aglomerat tufan.

Pengolahan data lanjutan dengan filter *Upward Continuation* dilakukan untuk melihat sebaran anomali RTP magnet pada kedalaman yang berbeda-beda. Peta RTP magnet dilakukan pengolahan filter *Upward Continuation* dengan nilai ketinggian 500 m, 1000 m, 2000 m dan 3000 m (Gambar 7).

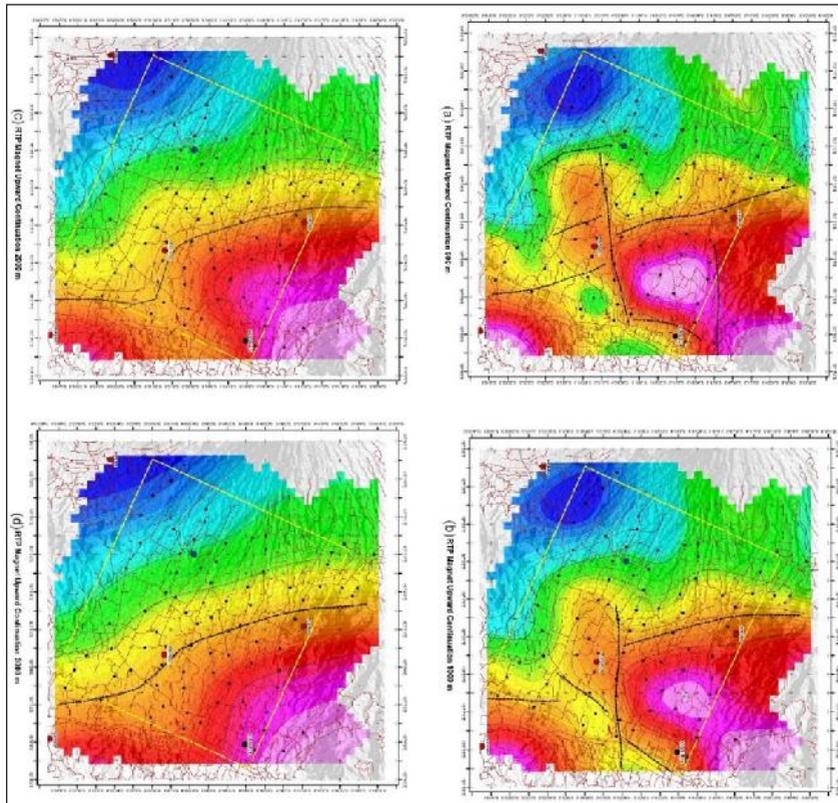
Berdasarkan peta RTP magnet, perbedaan batuan vulkanik tua dan muda terlihat jelas dari respon nilai anomali magnetnya. Anomali magnet tinggi diidentifikasi sebagai batuan vulkanik tua yang tersusun oleh breksi andesit piroksen bersisipan dengan lava andesit sedangkan anomaly magnet rendah diidentifikasi sebagai batuan vulkanik muda, breksi dan lahar dari gunung gede, tersusun oleh batupasir tufan, serpih tufan, dan aglomerat tufan. Kelurusan struktur dari peta RTP magnet ditampilkan pada gambar 7, terlihat kelurusan struktur dominan berarah barat laut-tenggara dan barat-timur. Kelurusan struktur tersebut terlihat seperti menjadi batas-batas yang memisahkan antara batuan vulkanik muda dan vulkanik tua.



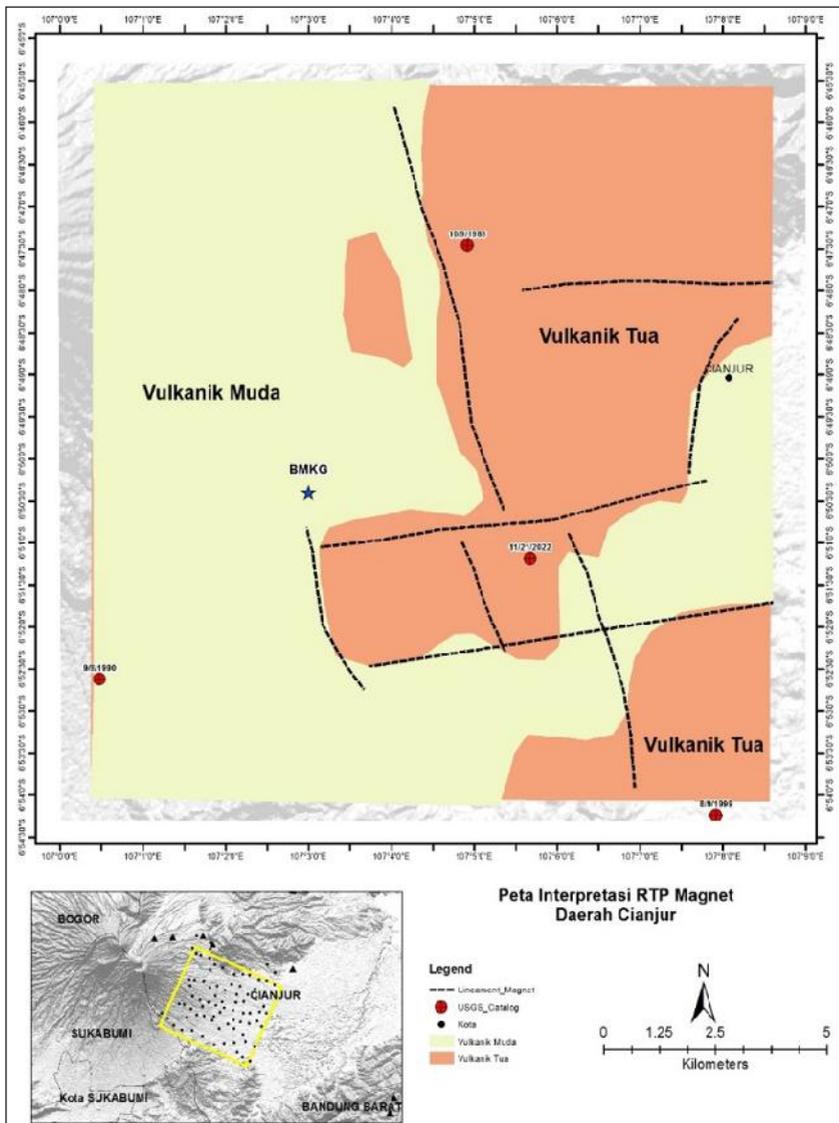
Gambar 5. Peta Anomali Magnet Daerah Cianjur



Gambar 6. Peta Anomali Reduksi ke Kutub (RTP) Magnet Daerah Cianjur



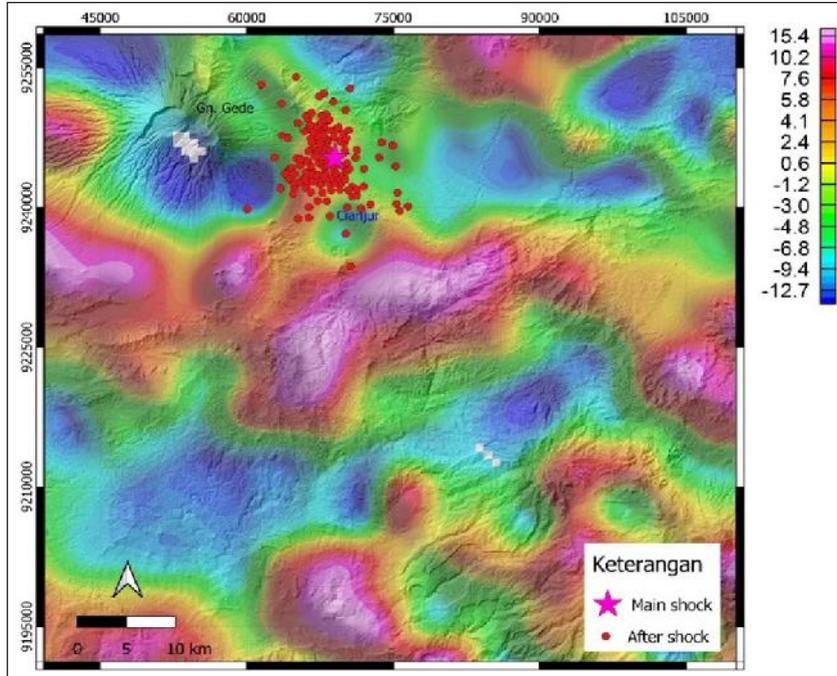
Gambar 7. Pengolahan Filter Upward Continuation pada ketinggian 500m (a), 1000m (b), 2000m (c) dan 3000m (d)



Gambar 8. Peta Interpretasi geologi dan struktur berdasarkan data RTP Magnet daerah Cianjur

Mekanisme Penyebab Gempa Cianjur

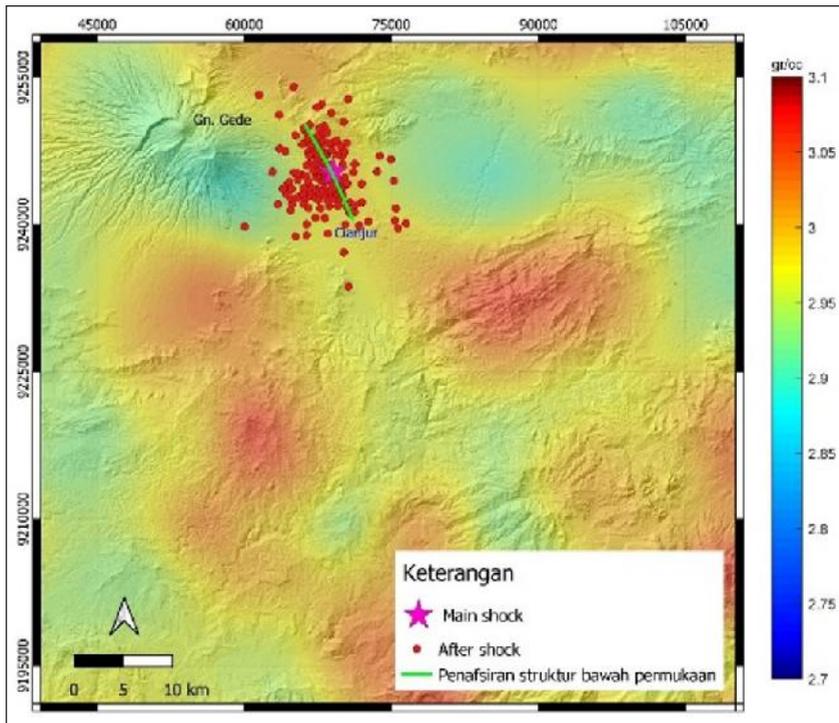
Gambar 9 menunjukkan sebaran anomali *residual gravity* yang merupakan superposisi dari kedalaman 1 km hingga 10 km di bawah permukaan yang di-*overlay* dengan sebaran gempa utama (*main shock*) dan distribusi gempa susulan (*after shock*) (Supendi dkk, 2023).



Gambar 9. Anomali residual data gayaberat berdasarkan 1205 titik pengukuran di sekitar area terjadinya gempa Cianjur 2022

Kontras anomali yang merupakan zona yang kerap ditafsirkan dalam penentuan struktur bawah permukaan belum benar-benar memiliki korelasi kuat dengan distribusi after shock gempa Cianjur. Hal ini dikarenakan anomali ini masih merupakan superposisi (gabungan) antara anomali densitas yang berada pada kedalaman dangkal dan anomali densitas yang berada pada kedalaman yang dalam.

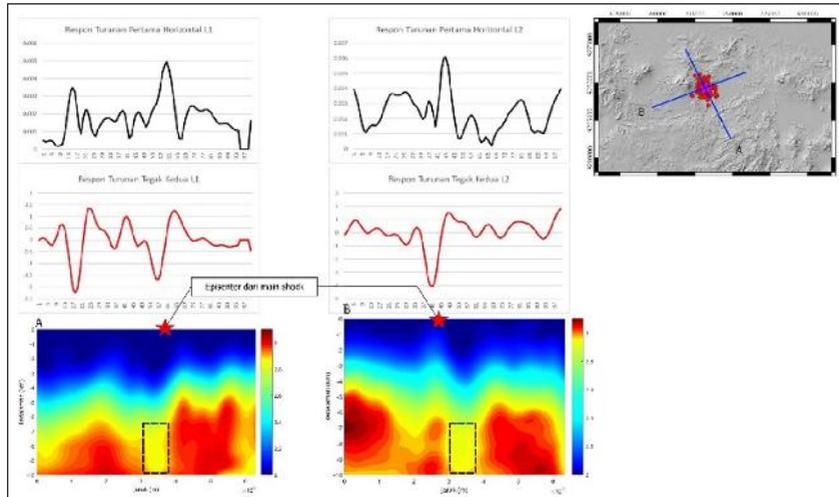
Untuk mengetahui fenomena bawah permukaan yang menjadi penyebab dari gempa Cianjur, anomali *residual gravity* digunakan sebagai dasar dalam pembuatan model bawah permukaan yang disajikan dalam penampang horizontal yang menunjukkan distribusi densitas pada kedalaman kedalaman 10 km (Gambar 10), dan penampang vertikal yang menunjukkan sayatan relatif berarah barat laut – tenggara (L1) dan berarah barat daya – timur laut (L2) yang ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 10. Anomali densitas di kedalaman 10 km yang merupakan kedalaman yang dekat dengan posisi hiposenter main shock gempa Cianjur 2022

Korelasi positif dapat terlihat dari distribusi after shock dengan sayatan horizontal yang menunjukkan distribusi anomali densitas kedalaman 10 km. Pola tersebut terlihat jelas dari arah orientasi kontras anomali densitas kedalaman 10 km yang memiliki kesesuaian dengan sebaran after shock atau posisi dari main shock

yang relatif memiliki arah barat laut–tenggara. Diduga segmen sesar inilah yang menyebabkan gempa Cianjur tahun 2022.



Gambar 11. Sayatan vertikal bawah permukaan di sekitar area main shock gempa Cianjur 2022 berdasarkan data gayaberat yang diintegrasikan dengan respon analisis turunan tegak dan turunan horizontal (derivative analysis)

Hal ini didukung oleh sayatan vertikal yang memperlihatkan adanya diskontinuitas anomali tinggi yang dicirikan dengan anomali yang cenderung lebih rendah pada batuan dasar yang posisinya persis sama dengan episenter gempa Cianjur (ditandai oleh kotak hitam dengan garis putus-putus). Anomali yang relatif rendah pada batuan dasar ini menjadi bukti bahwa zona ini merupakan zona hancuran yang menyebabkan turunnya nilai densitas batuan-nya.

Analisis lebih lanjut dilakukan dengan melakukan analisis turunan pertama dan kedua dari data gravity. Analisis ini cukup populer digunakan dalam penentuan keberadaan struktur bawah permukaan (Rosid & Siregar, 2023; Sumintadireja dkk, 2018). Berdasarkan hasil analisis derivative, ditunjukkan bahwa posisi kejadian gempa ini merupakan zona anomali tinggi dari respon turunan pertama horizontal baik pada L1 ataupun L2 yang dikarakterisasi oleh “*peak value*” dari kurva berwarna hitam pada Gambar 11.

Sedangkan respon turunan tegak kedua (kurva berwarna merah) menunjukkan bahwa $\max \text{ value} < \min \text{ value}$ yang menunjukkan mekanisme yang menyerupai sesar naik. Dengan mengintegrasikan hasil analisis derivative dan studi mekanisme fokus pada main shock ataupun after shock-nya (Supendi dkk, 2023), mekanisme yang menyebabkan gempa Cianjur diperkirakan merupakan sesar oblique.

*Bekerja di Pusat Survei Geologi (PSG).



Dampak Permukaan Gempa Bumi Cianjur 21 November 2022

Oleh: Supartoyo, Haunan Afif, Athanasius Cipta, Agus Budiarto*

“Selain menimbulkan korban jiwa, luka-luka dan kerusakan bangunan, gempa bumi tanggal 21 November 2022 diikuti juga oleh bahaya ikutan berupa retakan tanah, gerakan tanah dan likuefaksi. Kejadian tersebut memberikan pelajaran betapa pentingnya upaya mitigasi gempa bumi.

Wilayah Kabupaten Cianjur terkenal dengan keindahan alamnya dan kesuburannya. Bagian selatannya dikenal dengan keindahan alam dan pantai. Bagian utaranya yang merupakan tanah hasil pelapukan gunungapi yang mengandung unsur-unsur yang diperlukan tumbuhan dan ditunjang dengan keberadaan air yang melimpah menyebabkan daerahnya subur dan memicu tumbuhnya kawasan budidaya serta permukiman penduduk. Bagian utaranya, termasuk daerah Puncak dan sekitarnya, banyak terdapat obyek wisata.

Namun, wilayah Cianjur baik bagian utara dan selatan tergolong rawan bencana geologi, khususnya bencana gempa bumi. Sebabnya, Cianjur terletak dekat dengan sumber gempa bumi. Pada bagian selatan terletak dekat dengan zona subduksi/ zona penunjaman. Sementara di bagian utara terdapat Sesar Rajamandala dan sesar aktif di daerah Cugenang. Selama ini di daerah Cianjur jarang terjadi gempa bumi dengan guncangan kuat. Kalaupun ada biasanya bersumber dari zona penunjaman,

yaitu zona *intraslab* dengan kedalaman lebih dari 40 km, sehingga guncangannya terasa tidak kuat. Selama itu sumber gempa bumi dari Sesar Rajamandala dan sesar aktif di daerah Cugenang tergolong jarang bergerak.

Hari Senin, 21 November 2022, pukul 13:21:10 WIB, daerah Cianjur diguncang gempa bumi dengan magnitudo 5,6 Mw (*moment magnitude*). Berdasarkan magnitudonya sebenarnya tidak tergolong gempa bumi besar, karena tergolong gempa bumi menengah, tetapi dampak kerusakan yang ditimbulkan tergolong besar dan sangat massif. Kejadian gempa bumi tersebut juga diikuti oleh bahaya ikutan, sehingga menambah dampak kerusakannya.

Tulisan ini membahas dampak permukaan kejadian gempa bumi Cianjur tanggal 21 November 2022. Bahan tulisan ini bersumber dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh berdasarkan kegiatan survei lapangan, dan data sekunder berdasarkan dari referensi yang berkaitan dengan kondisi geologi dan dampak kejadian gempa bumi Cianjur tanggal 21 November 2022.

Kondisi Umum Daerah Cianjur

Kabupaten Cianjur sebagai salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Barat mempunyai luas sekitar 3.614,35 km² (BPS, 2021) yang membentang dari pantai selatan hingga sekitar Gunung Gede-Pangrango. Luasnya hampir 10,86 % dari luas Jawa Barat. Posisinya terletak pada koordinat 106,7° BT hingga 107,4167° BT dan 6,35° LS hingga 7,4167° LS, dengan ketinggian berkisar 7 hingga 2.962 mdpl. Di Kabupaten Cianjur ada 32 kecamatan dan 360 desa/kelurahan (BPS, 2021). Kecamatan yang terdampak paling parah akibat kejadian gempa bumi tanggal 21 November 2022 adalah Cugenang yang luasnya sekitar 76,15 km². Berdasarkan posisi geografisnya, Cianjur berbatasan dengan Kabupaten Bogor dan Purwakarta di utara, Samudra Hindia di selatan, Kabupaten Sukabumi dan Bogor di bagian barat, dan Kabupaten Bandung, Bandung Barat dan Garut di sebelah timur.

Daerah Cugenang dan sekitarnya yang terlanda guncangan gempa bumi secara umum tersusun oleh morfologi dataran, dataran bergelombang, dan perbukitan bergelombang hingga

perbukitan terjal. Daerah bencana terletak pada bagian timur hingga tenggara Gunung Gede, sehingga morfologinya merupakan bagian bawah dari tubuh gunungapi. Morfologi ini tersusun oleh endapan rombakan gunungapi muda yang tanahnya subur sehingga banyak dimanfaatkan untuk pertanian.

Mengacu kepada *Peta Geologi Lembar Cianjur* (Sudjarmiko, 1972), batuan lokasi daerah bencana merupakan endapan Kuartar yaitu batuan rombakan gunungapi muda hasil erupsi aktivitas Gunung Gede, batuan rombakan gunungapi yang lebih tua dan bongkahan basaltik. Batuan rombakan gunungapi muda dari erupsi Gede (Qyg) terdiri atas breksi lahar, pasir tuffan dan konglomerat. Pengamatan lapangan memperlihatkan bahwa breksi lahar ini tersusun oleh fragmen dan matriks andesit dan semen material gunungapi ukuran butir pasir. Tebal endapannya mencapai 100 m (Sudjarmiko, 1972) dan sebagian telah mengalami pelapukan. Bagian utara Cugenang tersusun oleh batuan rombakan gunungapi lebih tua (Qot) terdiri dari breksi dan lava dengan komposisi andesitik. Tebalnya diperkirakan mencapai 550 m (Sudjarmiko, 1972).

Selain itu, secara setempat-setempat, terdapat bukit-bukit kecil yang telah tererosi, tersusun oleh batuan rombakan gunungapi (Qyc) terdiri atas bongkah-bongkah basaltik dan menempati bagian atas dari Qot dan Qyg. Batuan rombakan gunungapi ini (Qyg, Qot, Qyc) umumnya telah mengalami pelapukan yang membentuk tanah pelapukan dan didukung oleh keberadaan air tanah yang melimpah, sehingga merupakan tanah subur yang sangat cocok untuk pertanian. Batuan rombakan tersebut sangat rawan terhadap guncangan gempa bumi karena bersifat lepas, lunak, urai, belum kompak dan memperkuat efek guncangan gempa bumi.

Kegempaan Daerah Cianjur

Sumber gempa bumi daerah Cianjur terdiri atas zona penunjaman (*megathrust* dan *intraslab*), Sesar Rajamandala yang terdapat di selatan Cianjur dan sesar aktif di daerah Cugenang. Sumber gempa bumi *megathrust* terletak dekat dengan pantai selatan Cianjur. Gempa bumi yang terasa di Kota Cianjur dan

sekitarnya umumnya bersumber dari zona intraslab. Berdasarkan *Katalog Kejadian Gempa Bumi Merusak di Indonesia* (Supartoyo, dkk., *Katalog Gempa Bumi Merusak Indonesia Tahun 1612 – 2014*, 2014,)), daerah Cianjur tercatat paling tidak telah mengalami lima kejadian gempa bumi merusak, yaitu tahun 1834, 1844, 1910, 1912 dan 2022 (modifikasi dari Supartoyo dkk., 2014) (Tabel 1).

Lokasi sumber gempa bumi merusak tersebut belum diketahui secara pasti. Melihat dari dampak yang ditimbulkan kemungkinan berasosiasi dengan sesar aktif di darat. Data kejadian gempa bumi tersebut penting untuk diketahui karena dampaknya yang cukup signifikan guna upaya pengurangan risiko bencana.

Tabel 1. Katalog kejadian gempa bumi merusak daerah Cianjur (Supartoyo dkk., 2014).

NO	NAMA GEMPA	TANGGAL	PUSAT GEMPA	KDLM (KM)	MAG	SKALA MMI	KERUSAKAN
1.	Bogor-Cianjur	10/10/1834	-	-	-	VIII-IX	Terjadi kerusakan bangunan dan retakan jalan antara Bogor-Cianjur.
2.	Cianjur	15/2/1844	-	-	-	VII-VIII	Kerusakan pada rumah penduduk.
3.	Raja- mandala	15/12/1910	-	-	-	VI	Retakan pada dinding bangunan di Rajamandala.
4.	Cam- paka	21/1/1912	-	-	-	VI	Retakan pada dinding bangunan.
5.	Cu- genang	21/11/2022 13:21:10 WIB	107,05° BT 6,84° LS	10	5,6	VIII	Retakan pada dinding bangunan. 635 org meninggal, 1083 org luka-luka. Terjadi longsor, retakan tanah dan likuefaksi.

Dampak Kejadian Gempa Bumi

Kejadian gempa bumi merusak Cianjur terjadi hari Senin tanggal 21 November 2022 pukul 13:21:10 WIB. Menurut informasi dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), lokasi pusat gempa bumi terletak di darat pada koordinat 107,05 BT dan 6,84 LS, berjarak sekitar 9,65 km barat daya Kota Cianjur atau 16,8 km timur laut Kota Sukabumi, dengan magnitudo M 5,6 pada kedalaman 10 km. Informasi dari stasiun USGS Amerika Serikat dan GFZ Jerman mencatat bahwa lokasi pusat gempa bumi juga terletak di darat pada koordinat 107,095 BT dan 6,853 LS serta 107,05 BT dan 6,89 LS dengan kekuatan (M 5,6) dan (M 5,5) pada kedalaman yang sama dengan data BMKG.

Kejadian tersebut diikuti oleh serangkaian gempa bumi susulan dan stasiun BMKG masih mencatat kejadian tersebut hingga bulan Februari 2023. Berdasarkan posisi lokasi pusat gempa bumi, kedalaman dan data mekanisme sumber (*focal mechanism*) dari BMKG, GFZ Jerman dan USGS Amerika Serikat, maka kejadian gempa bumi ini diakibatkan oleh aktivitas sesar aktif. Hingga kini keberadaan sesar aktif tersebut belum diidentifikasi dengan baik meliputi karakteristik dan lokasinya. Namun, setidaknya berdasarkan data mekanisme sumber dari ketiga stasiun tersebut terdapat dua bidang yang berarah relatif barat-timur dan utara-selatan yang berkaitan dengan sesar aktif tersebut di daerah Cugenang.

Kejadian gempa bumi tanggal 21 November 2022 mengakibatkan terjadinya bencana dahsyat di Kabupaten Cianjur, khususnya di Kecamatan Cugenang. Berdasarkan parameter kekuatannya, sebenarnya kejadian gempa bumi tersebut tergolong menengah dengan magnitudo (M 5,6), tapi dampaknya sangat massif. Selain di Cianjur, juga mengakibatkan bencana di Kabupaten Sukabumi dan Bogor. Menurut data BNPB hingga 10 Desember 2022 korban jiwa mencapai 334 orang, tetapi menurut Bupati Cianjur mencapai sekitar 635 orang. Selain itu, sekitar 2.046 orang mengalami luka-luka dan 39 orang masih hilang (kemungkinan terkubur di bawah

reruntuhan bangunan, di mana 32 orang berada di Desa Cijedil dan tujuh orang sedang melintas di dekat desa tersebut ketika terjadi gempa bumi (https://id.wikipedia.org/wiki/Gempa_bumi_Cianjur_2022).

Hasil survei lapangan Tim Tanggap Darurat (TTD) Badan Geologi memperlihatkan bahwa dampak kejadian gempa bumi selain mengakibatkan korban jiwa dan kerusakan bangunan, juga memicu terjadinya bahaya ikutan (*collateral hazard*) atau bahaya sekunder (*secondary effect*) yaitu retakan tanah, likuefaksi dan gerakan tanah/ longsoran. Bahaya sekunder dipicu guncangan gempa bumi kuat.

Pengamatan lapangan memperlihatkan bahwa bangunan yang mengalami kerusakan umumnya tergolong bangunan yang tidak tahan gempa bumi (*non engineered building*) terutama pada rumah penduduk (Gambar 1). Bangunan-bangunan tersebut umumnya tergolong bangunan tidak tahan gempa bumi dengan tidak dilengkapi adanya slof, kolom struktur, kolom praktis, ring balok, campuran adukannya tidak memenuhi persyaratan teknis, ikatan antar besi tidak memenuhi persyaratan teknis, dan besi untuk keperluan slof, kolom struktur, kolom praktis, ring balok tidak memenuhi persyaratan teknis (terlalu kecil).

Selain itu, beberapa bangunan umum juga mengalami kerusakan, bahkan beberapa di antaranya tergolong rusak berat, antara lain: Kantor Dinas Komunikasi Informatika Persandian dan Statistik, pagar Gedung BKAD (Balai Keuangan dan Aset Daerah) Kabupaten Cianjur, Kantor tim PAL Cianjur, Puskesmas Cijedil dan sejumlah kantor desa di Kecamatan Cugenang. Berdasarkan data dari Balai Prasarana Permukiman Wilayah Jawa Barat, Kementerian PUPR (2022), untuk bangunan fasilitas kesehatan, peribadatan dan bangunan kantor pemerintah sebanyak 25 bangunan tergolong rusak berat (RB), 18 bangunan rusak sedang (RS), dan 61 bangunan rusak ringan (RS). Bangunan yang mengalami RB dominan terdapat di Cugenang yang merupakan lokasi pusat gempa bumi.



Gambar 1. Rumah penduduk rusak berat yang tergolong bangunan tidak tahan gempa bumi di Desa Cibereum (gambar kiri) dan di Desa Gasol (gambar kanan). Kedua desa tersebut terletak di Kecamatan Cugenang.

Pengamatan lapangan memperlihatkan bahaya sekunder berupa retakan tanah mempunyai tipe tarikan, tekanan dan *lateral spreading* (Gambar 2). Retakan tanah itu turut mengontrol kerusakan bangunan seperti teramati di Desa Cibulakan dan Rawa Cina (Gambar 3). Tipe tarikan dicirikan adanya depresi di antara dua retakan tanah dan retakan tanah bersifat bukaan. Tipe tekanan dicirikan adanya tanah yang mengalami kenaikan dan hanya lokal. Tipe ini diikuti adanya pergeseran (*offset*) dan umumnya pergeseran mengiri (*sinistral offset*) berkisar antara 1 cm hingga 4 cm. Tipe retakan tanah ini terdapat di Kampung Longkewang, Desa Gasol. Tipe *lateral spreading* dicirikan retakan tanah berbentuk melingkar dengan mengarah ke lembah, terdapat pada morfologi bergelombang atau pada bagian atas perbukitan. Tipe ini merupakan salah satu ciri-ciri akan terjadinya gerakan tanah dimana retakan tanah yang terbentuk apabila tidak ditutup akan masuk air yang berpotensi menjadi bidang gelincir. Tipe ini terdapat di Desa Tapal Kuda, Longkewang, Cibulakan, Rawa Cina dan Mangunkerta.

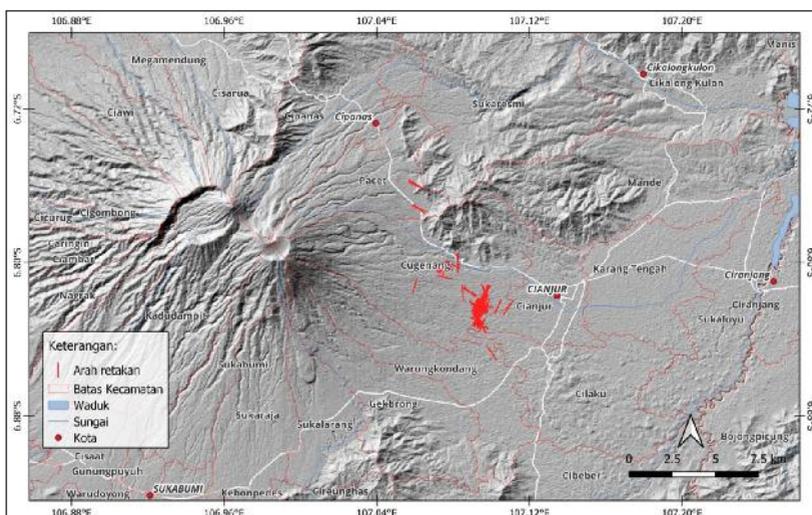


Gambar 2. Retakan tanah tipe tarikan di Desa Mangunkerta (gambar kiri) dan tipe lateral spreading di desa Cibulakan (gambar kanan). Kedua desa tersebut terletak di Kecamatan Cugenang.

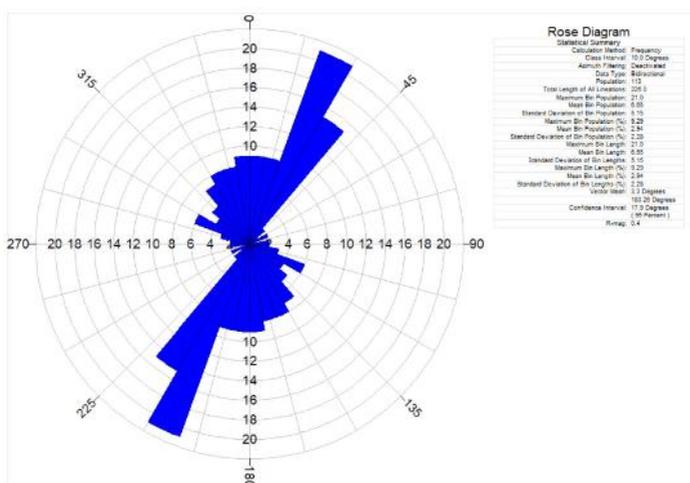


Gambar 3. Retakan tanah mengontrol kerusakan bangunan di Desa Cibulakan (gambar kiri) dan di Desa Rawa Cina (gambar kanan). Kedua desa tersebut terletak di Kecamatan Cugenang.

Berdasarkan pengukuran lapangan, pola retakan tanahnya dapat dibagi menjadi empat arah yaitu : N-S (utara – selatan), W-E (barat – timur), NW-SE (barat laut – tenggara) dan NE-SW (timur laut – barat daya) (Gambar 4). Retakan tanah tersebut sebagian besar ditemukan di daerah Cugenang. Berdasarkan analisis diagram roset terlihat bahwa arah dominan retakan tanah tersebut adalah relatif NNE-SSW (Gambar 5).



Gambar 4. Peta sebaran retakan tanah daerah Kecamatan Cugenang, Kabupaten Cianjur. Simbol belah ketupat hitam merupakan retakan tanah, segitiga hijau merupakan retakan tanah mengarah ke lembah, garis merah putus-putus merupakan sesar berarah barat daya – timur laut dan relatif utara - selatan.



Gambar 5. Diagram roset retakan tanah akibat gempa bumi tanggal 21 November 2022.

Bahaya sekunder berupa gerakan tanah atau longsor yang teramati di daerah Tapal Kuda, jalan nasional/di samping Warung Sate Sinta, Dusun Cisarua (Desa Sirampad), Desa Mangunkerta dan Desa Cijedil. Semua lokasi tersebut ada di Kecamatan Cugenang. Umumnya gerakan tanah tersebut adalah tipe longsor (*slide*) dengan bentuk bidang longsor rotasi dan planar. Gerakan tanah dimensi besar teramati di samping Warung Sate Sinta dan Desa Cijedil. Gerakan tanah dengan kerusakan massif teramati di Dusun Cisarua, Desa Sirampad, Kecamatan Cugenang (Gambar 6).

Bahaya sekunder lainnya adalah likuefaksi. Likuefaksi merupakan hilangnya kekuatan lapisan tanah akibat beban guncangan gempa bumi. Kenampakan lapangan berupa munculnya material pasir halus pada sumur penduduk, bangunan menjadi miring dan bangunan amblas. Likuefaksi yang ditemukan adalah tipe *sand boil* berbentuk gunung pasir dimensi kecil di Kampung Longkewang, sedangkan di Desa Cibulakan dicirikan rumah penduduk miring dan bangunan menjadi amblas (Gambar 6). Seperti halnya retakan tanah, likuefaksi juga turut mengontrol kerusakan bangunan.



Gambar 6. Kerusakan rumah penduduk dikontrol oleh bahaya ikutan gerakan tanah di desa Sarampad (Gambar kiri) dan proses likuefaksi di Desa Benjot (Gambar kanan). Kedua desa tersebut terletak di Kecamatan Cugenang.

Skala Intensitas Gempa Bumi

Untuk mengetahui dampak kejadian gempa bumi Cianjur tanggal 21 November 2022 digunakan skala intensitas yang mengacu kepada skala MMI (*Modified Mercally Intensity*) yang terdiri atas

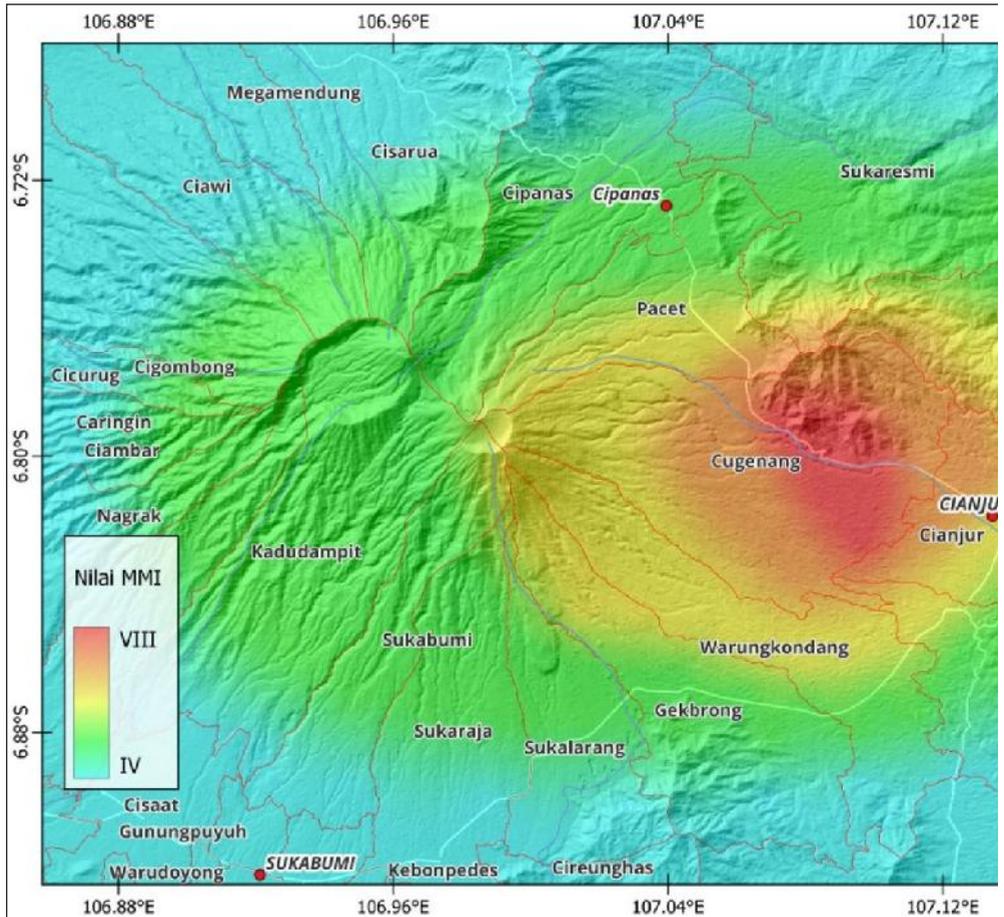
12 tingkatan. Skala intensitas gempa bumi menggambarkan respon obyek yang terkena guncangan gempa bumi dan pada kegiatan survei ini dilakukan dengan pengamatan di lapangan.

Hasil pengamatan lapangan memperlihatkan bahwa skala intensitas gempa bumi maksimum kejadian gempa bumi terjadi di Cugenang yang mencapai skala intensitas VIII MMI (Gambar 7). Hal ini dicirikan oleh pengemudi mobil terganggu, terjadi kerusakan pada bangunan dengan struktur kuat, bangunan dengan struktur tidak kuat dapat roboh atau mengalami rusak berat, tangki air yang berada di atas berputar/jatuh, rangka rumah berpindah dari pondasinya, terjadi retakan tanah, terjadi gerakan tanah/ longsor, terjadi likuefaksi.

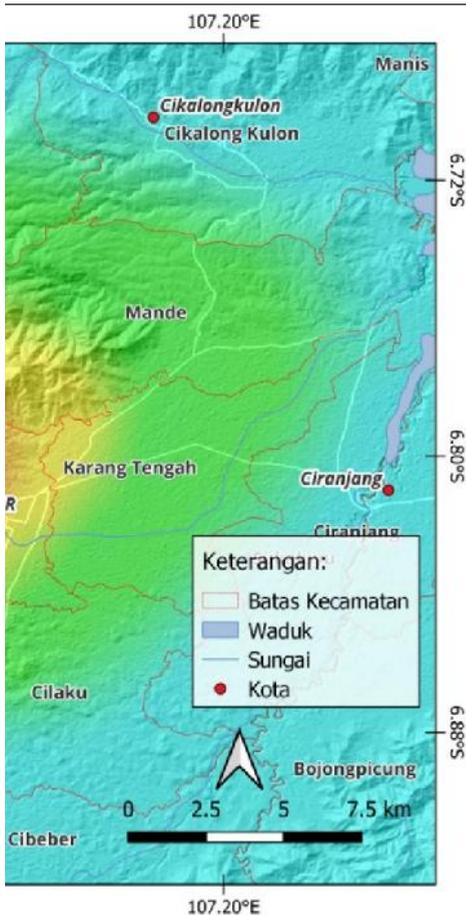
Adapun Kecamatan Warungkondang, Pacet, Cianjur, Ciluku guncangan gempa buminya pada skala intensitas VII MMI yang dicirikan oleh setiap orang keluar dari bangunan, dapat dirasakan oleh pengemudi mobil, orang sulit berjalan dengan baik, langit-langit dan bagian konstruksi pada tempat yang tinggi rusak, barang pecah-belah pecah, tembok yang tidak kuat pecah dan jatuh, terjadi retakan tanah dan juga longsoran dimensi kecil, air menjadi keruh, saluran irigasi rusak. Menurut data BG lokasi kerusakan bangunan terletak pada Kawasan Rawan Bencana gempa bumi tinggi, artinya kawasan yang berpotensi terlanda guncangan gempa bumi lebih dari skala VIII MMI (Sulaiman dan Omang, 2014).

Sumber gempa bumi Cianjur berasal dari sesar aktif. Data mekanisme sumber dari BMKG, USGS Amerika Serikat dan GFZ Jerman memperlihatkan ada dua bidang berarah relatif utara barat laut – selatan tenggara (NNW – SSE) dan barat barat daya – timur timur laut (SWW – NEE). Hasil pengamatan lapangan tidak memperlihatkan adanya sesar permukaan (*fault surface rupture*) di daerah bencana, yang terlihat hanya berupa retakan tanah permukaan dan tidak mencapai batuan dasar. Pola retakan tanah yang ditemui dapat dibagi menjadi empat arah yaitu: N-S, W-E, NW-SE dan NE-SW dan dominan relatif NNW-SSE. Berdasarkan data ini terlihat bahwa sesar aktif penyebab gempa bumi tersebut kemungkinan besar dua sesar sesuai dengan arah dari mekanisme sumber yaitu NNW – SSE dan SWW – NEE. Data dukung lain

seperti sebaran kegempaan, deformasi, data bawah permukaan dan paleoseismologi diperlukan untuk mengidentifikasi lokasi dan geometri sesar aktif tersebut.



Gambar 7. Peta skala intensitas gempa bumi Cianjur tanggal 21 November 2021 hasil survei lapangan.



Dengan kata lain, sumber gempa bumi tersebut dari sesar aktif yang belum terpetakan/teridentifikasi dengan baik, meskipun berdasarkan data mekanisme sumber diperkirakan dari sesar aktif berarah NNW – SSE dan SWW – NEE. Pelajaran penting yang dapat dipetik dari kejadian gempa bumi ini adalah betapa pentingnya peningkatan upaya mitigasi gempa bumi secara khusus bagi masyarakat Cianjur dan sekitarnya dan umumnya bagi daerah-daerah lainnya yang mempunyai potensi bahaya gempa bumi.

**Bekerja di Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG).*



Dampak Gempa Cianjur terhadap aktivitas Vulkanik Gunung Gede

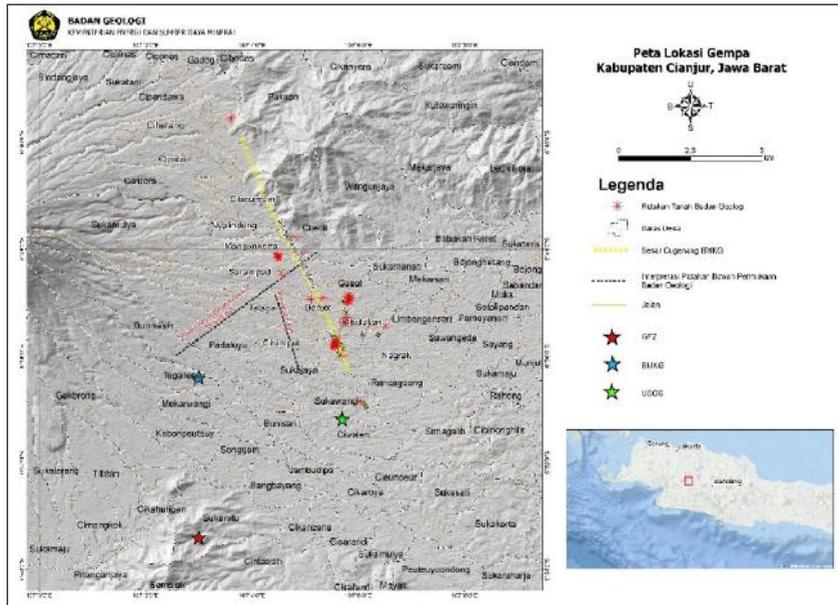
Oleh: Kristianto, Ujang Jajat Solehudin, Nur Rokhman, Yasa Suparman*

“Gempa Cianjur tidak memicu peningkatan gempa vulkanik sehingga tidak berakibat pada peningkatan aktivitas vulkanik Gunung Gede”.

Pada tanggal 21 November 2022 terjadi gempa bumi tektonik. Berdasarkan informasi dari BMKG, gempa tersebut lokasinya terletak di darat yang berada pada koordinat $107,05^{\circ}$ Bujur Timur dan $6,84^{\circ}$ Lintang Selatan, berjarak sekitar 9,65 km barat daya dari Kota Cianjur atau 16,8 km timur laut Kota Sukabumi. Gempa tersebut memiliki magnitudo sebesar M5,6 pada kedalaman 10 km. Data dari *The United States Geological Survey* (USGS) Amerika Serikat, lokasi gempa berada pada koordinat $107,095^{\circ}$ Bujur Timur dan $6,853^{\circ}$ Lintang Selatan dengan magnitudo M5,6 pada kedalaman 10 km. Sedangkan berdasarkan data dari *Geo Forschungs Zentrum* (GFZ), Jerman, lokasi gempa bumi berada pada koordinat $107,05^{\circ}$ Bujur Timur dan $6,89^{\circ}$ Lintang Selatan, dengan magnitudo M5,5 pada kedalaman 10 km. Dari informasi ketiga data lokasi sumber gempa tersebut berada pada jarak 9,4 km (BMKG), 13,4 km (GFZ), dan 14,4 Km (USGS) sebelah tenggara dari kawah aktif Gunung Gede.

Dampak yang ditimbulkan oleh kejadian gempa bumi ini mengakibatkan korban jiwa, luka-luka, kerusakan bangunan dan gerakan tanah di wilayah Kabupaten Cianjur. Dari Data BMKG diketahui guncangan gempa bumi ini dirasakan pada wilayah sekitar lokasi pusat gempa bumi di Kabupaten Cianjur pada skala V-VI MMI. Sedangkan berdasarkan data Badan Geologi, sebaran permukiman penduduk yang terlanda guncangan gempa bumi terletak pada Kawasan Rawan Bencana (KRB) gempa bumi tinggi,

dan kejadian gempa bumi ini tidak menyebabkan tsunami karena lokasi pusat gempa bumi terletak di darat.



Gambar 1. Lokasi gempa Cianjur berdasarkan data dari BMKG (tanda bintang warna biru), USGS (bintang warna hijau), dan data dari GFZ (tanda bintang warna merah).

Berita BNPB melalui Pusat Data, Informasi dan Komunikasi Kebencanaan BNPB pada 29 November 2023 menyampaikan jumlah korban jiwa yang berhasil ditemukan yaitu sebanyak 327 orang, korban hilang tercatat sebanyak 13 orang, korban luka berat yang masih dirawat di rumah sakit wilayah Cianjur tersisa 68 orang, sedangkan 40 pasien luka berat, serta total jumlah pengungsi yaitu sebanyak 108.720 orang.

Kronologi Kejadian di Pos PGA Gede

Pada 21 November 2022, di Pos Pengamatan Gunungapi (PGA) Gede gempa bumi terekam dengan baik oleh alat seismograf dan dirasakan getarannya cukup kuat oleh petugas PGA dengan

kekuatan skala V MMI, pasca gempa terasa ini kejadian gempa susulan masih dirasakan.

Gempa bumi Cianjur dirasakan sangat nyata, semua penduduk di sekitar pos PGA merasakan getarannya, pohon-pohon bergoyang hebat, barang-barang yang tersimpan bebas didalam pos PGA pun terpelanting dan terlempar sehingga petugas pos PGA segera melakukan evakuasi mandiri dengan cara berlari keluar dari bangunan pos PGA ke tempat yang lebih aman.

Pasca gempa dilakukan pemeriksaan terhadap bangunan pos PGA dan di sekitarnya, tidak ditemukan kerusakan yang parah pada bangunan pos maupun kerusakan geologi (tidak ada rekahan atau retakan) pada tanah di sekitar pos, hanya ada barang-barang yang terlempar, pas foto jatuh dan serpihan pelafon yang berjatuh yang berserakan di dalam bangunan pos PGA.

Terjadinya mati lampu yang cukup lama sekitar kurang lebih 9 jam, ini terjadi karena pasca gempa banyak tiang listrik yang roboh dan kabel putus di wilayah titik terjadinya gempa dan banyak tiang listrik yang terbawa longsor di area yang dilewati kabel listrik, dan jaringan internet sama mengalami gangguan yang sangat lama efek dari gempa.

Dari hasil pengamatan data seismik, sebelum terjadinya gempa terasa tepatnya pada 20 November 2022 pukul 01:28 WIB terekam 1 kali gempa tektonik terasa di Kabupaten Pangandaran dengan amplitudo maksimal 45 mm dan lama gempa 342 detik, 1 kali gempa Tektonik Jauh, amplitudo maksimal 12 mm dan lama gempa 310 detik. Informasi dari BMKG gempa Pangandaran ini berkekuatan M5,3 dengan pusat gempa di Pangandaran serta kedalaman gempa 34 km. Terdapat sedikit peningkatan gempa tektonik lokal sebanyak 7 kali kejadian, dengan amplitudo maksimal 8-40 mm dan lama gempa 17- 43 detik, karena biasanya tetonik lokal yang terekam hanya beberapa kali kejadian dalam 1 bulan.

Setelah kejadian gempa terasa pada skala V MMI tanggal 21 November 2022 kemudian diikuti dengan 7 kali gempa terasa susulan dengan skala II-IV MMI dengan amplitudo maksimal 49 mm dan lama gempa 110- 483 detik, yang membuat masyarakat semakin panik dan ketakutan sehingga petugas Pos PGA Gede harus

berperan aktif menenangkan warga disekitar pos PGA untuk menenangkan masyarakat dan menangkal akan adanya berita hoaks yang akan diterima masyarakat.

Munculnya gempa tektonik lokal susulan secara menerus (*swarm* tektonik lokal) pasca gempa utama Cianjur merupakan gempa yang dapat dirasakan oleh penduduk dan sumber gempunya berada dekat dengan Gunung Gede, sehingga gempa tektonik lokal ini dapat terekam dengan baik pada seismograf yang merupakan sistem pemantauan aktivitas Gunung Gede.

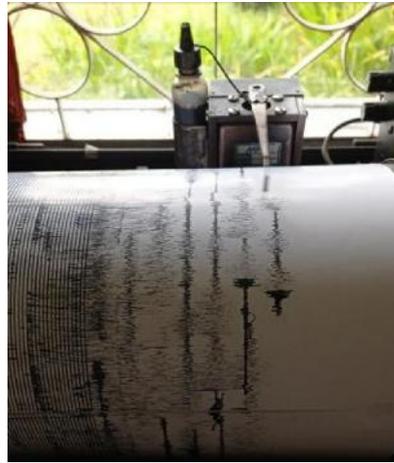
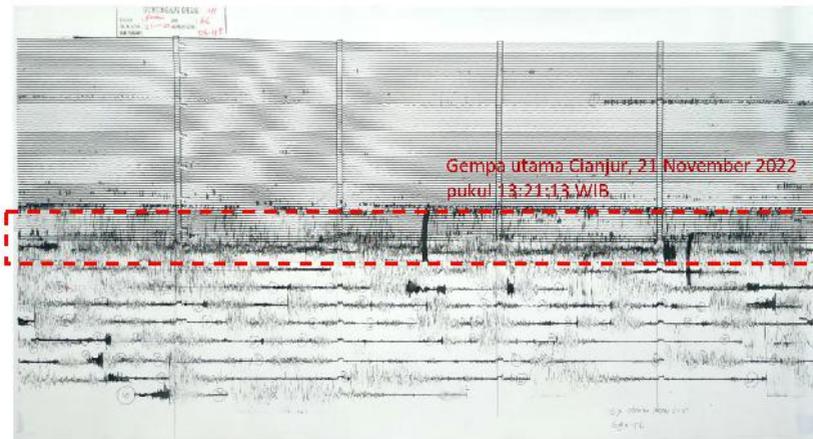
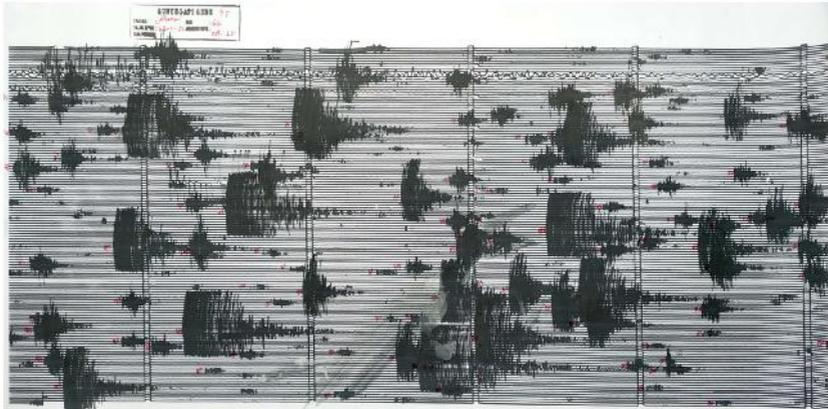


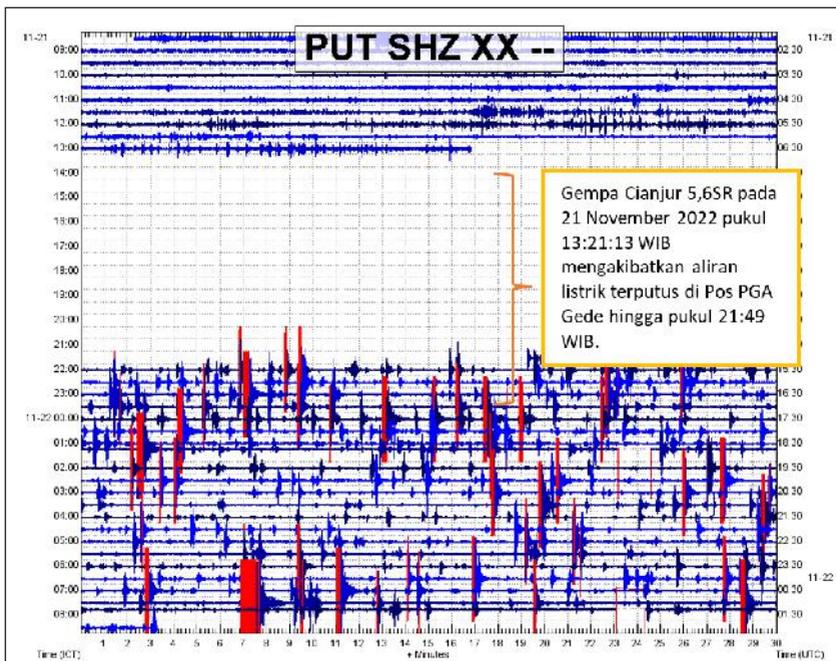
Foto 1. Recorder Seismograf analog jenis PS-2 yang beroperasi di Pos PGA Gede saat merekam kejadian gempa tektonik terasa yang terjadi pada 21 November 2022 pukul 13:21:13 WIB pada skala V MMI dan gempa susulan.



Gambar 2. Seismogram hasil perekam seismograf analog PS-2 pada tanggal 21 November 2022. Pada pukul 13:21:13 WIB tampak terekam gempa tektonik terasa dengan Amplitudo maksimum 49 mm dan lama gempa 483 detik. Pasca gempa tektonik terasa tersebut kemudian disusul gempa Tektonik Lokal secara menerus.



Gambar 3. Rekaman analog gempa tektonik lokal susulan secara menerus (swarm gempa Tektonik Lokal) pasca gempa utama Cianjur yang terekam pada seismograf pada 22 November 2022.



Gambar 4. Rekaman digital Stasiun Gunung Putri (PUT) pada tanggal 21 November 2022. Terlihat saat terjadi gempa Cianjur pada pukul 13:21:13 WIB mengakibatkan aliran listrik terputus di Pos PGA Gede hingga pukul 21:49 WIB. Pasca gempa Cianjur terlihat gempa Tektonik Lokal terekam secara menerus (swarm).

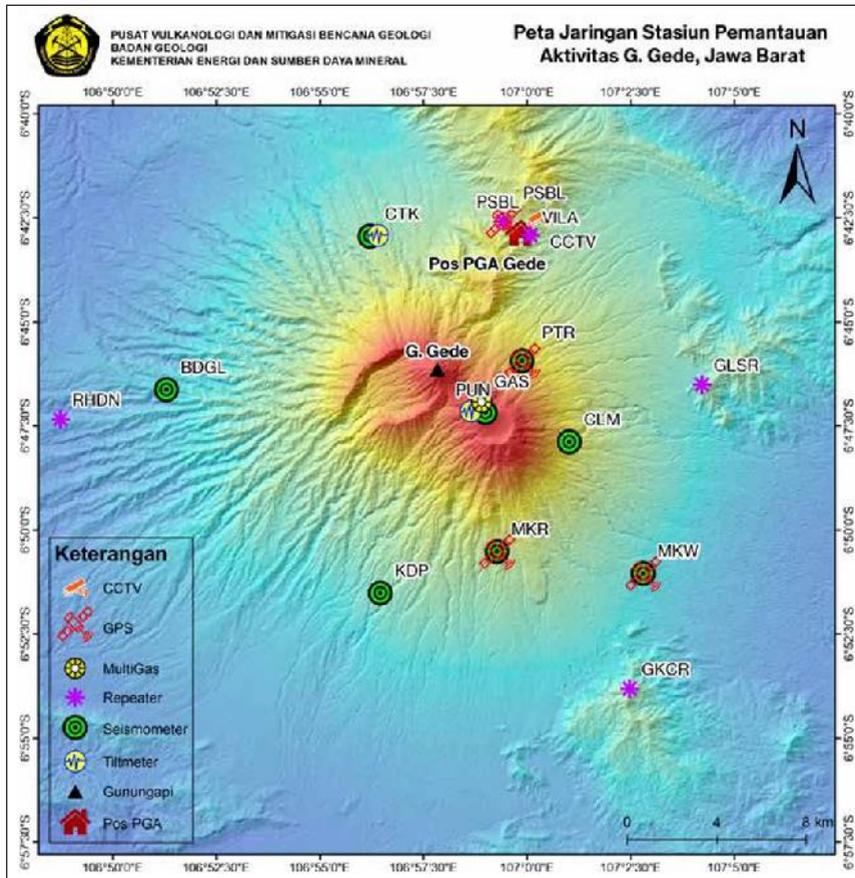
Pengamat melakukan pengamatan secara visual dampak gempa bumi Cianjur terhadap aktivitas vulkanik Gunung Gede pasca gempa utama dan gempa susulan terasa yang terjadi di kaki Gede. Dari hasil pengamatan secara visual tidak teramati adanya tanda-tanda peningkatan di kawah sekitar puncak Gunung Gede. Demikian juga dengan hasil pemantauan kegempaan, tidak teramati adanya peningkatan jenis gempa vulkanik selama beberapa bulan pasca kejadian gempa utama tanggal 21 November 2023. Gempa susulan sangat didominasi oleh jenis gempa tektonik lokal yang masih terekam hingga Februari 2023, dengan kecenderungan penurunan dalam jumlah dan kekuatan (*magnitudo*).

Sistem Pemantauan

Sejarah geologi Gunung Gede menunjukkan bahwa aktivitas vulkanik di masa lampau menghasilkan produk bahaya gunungapi yang cukup signifikan terhadap lingkungan di sekitar wilayah gunung. Untuk mengetahui sedini mungkin peningkatan aktivitas vulkanik menjelang erupsi Gede sehingga dapat dilakukan tindakan mitigasi sebaik mungkin, maka perlu dilakukan suatu sistem pemantauan yang dapat mendeteksi pola pergerakan magma ke permukaan dengan baik. Aktivitas vulkanik Gunung Gede secara efektif dipantau sejak tahun 1985 melalui Pos Pengamatan Gunungapi (PGA) di Desa Ciloto, Kecamatan Cipanas, Kabupaten Cianjur.



Foto 2. Sistem pemantauan seismik di Pos PGA Gede, data digital yang ditransmit dari setiap stasiun seismik direkam dan ditampilkan melalui layar monitor PC (a), sedangkan rekaman analognya juga dapat ditampilkan melalui drum rekorder PS-2, yang menampilkan data seismik dari Stasiun Gunung Putri (PUT) (b).



Gambar 5. Jaringan sistem pemantauan aktivitas vulkanik Gunung Gede yang dilengkapi dengan 7 stasiun seismik, 3 stasiun Tiltmeter, 2 stasiun CCTV, 1 stasiun Multigas, 4 stasiun GPS, dan 4 stasiun Repeater.

Untuk memantau aktivitas vulkanik Gede, saat ini telah dilakukan pemasangan peralatan pemantau aktivitas gunungapi menggunakan 4 metode, yaitu metode visual, seismik (kegempaan), deformasi, dan geokimia. Peralatan yang sudah terpasang tersebut terdiri atas peralatan seismograf sebanyak alat 7 stasiun seismik, 3 stasiun Tiltmeter, 2 stasiun CCTV, 1 stasiun Multigas, 4 stasiun GPS, dan 4 stasiun Repeater.

Pemantauan Visual

Pos PGA Gede, yang terletak 8,4 km di sebelah utara Kawah Gede, secara visual aktivitas vulkanik dari Kawah Gede dapat terpantau dengan baik. Untuk membantu pemantauan visual ini juga digunakan peralatan CCTV (*Closed Circuit Television*) yang ditempatkan pada lokasi yang dapat memantau dengan baik secara kontinyu, yaitu berada pada lokasi tidak jauh dari Pos PGA tetapi dengan visual ke arah kawah yang lebih terbuka dan jelas. Hembusan asap dari arah Kawah Gede selama tahun 2022 terpantau berwarna putih tipis hingga tebal bertekanan lemah hingga sedang dengan ketinggian berkisar antara 50 hingga 150 m di atas kawah. Tidak terpantau adanya perubahan hembusan asap yang keluar dari kawah aktif baik dari aspek ketinggian maupun warnanya. Khususnya pasca kejadian gempa Cianjur 21 November 2022, hembusan asap kawah tidak terjadi perubahan yang signifikan.

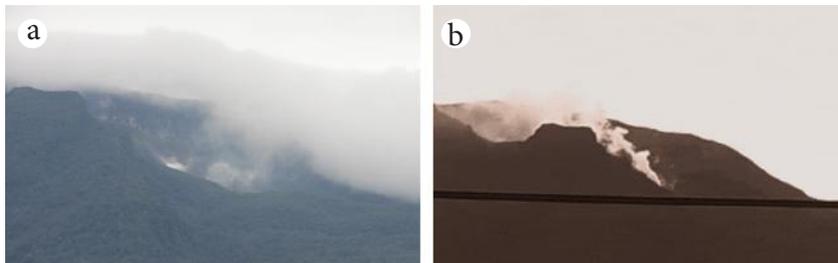


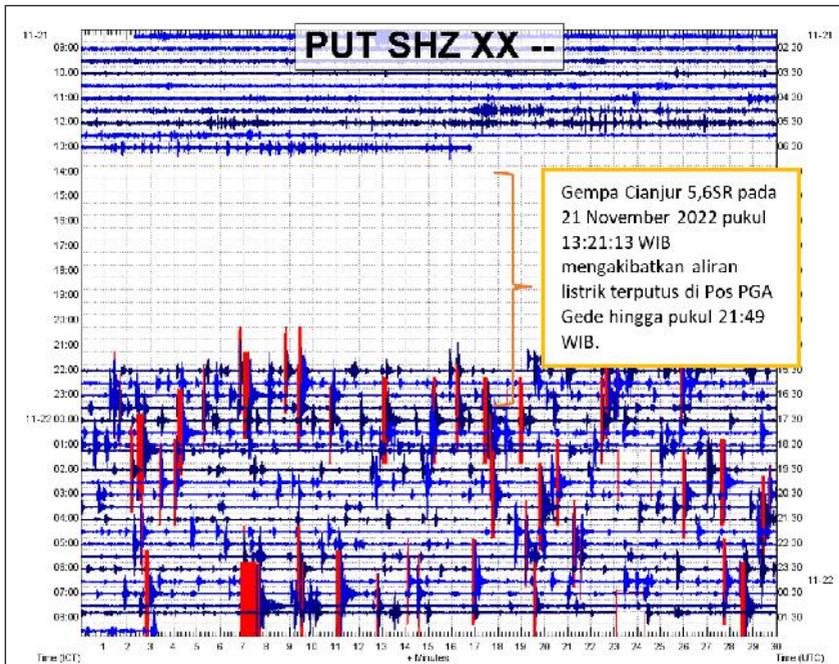
Foto 3. Pemantauan secara visual menunjukkan asap yang keluar dari kawah aktif yaitu Kawah Wadon masih Normal, tidak menunjukkan adanya perubahan tinggi asap dan tekanan asap (a). Potongan gambar dari video warga yang sempat membuat heboh masyarakat pasca gempa cianjur (b), penampakan hembusan asap kawah seperti ini merupakan aktivitas keseharian yang muncul dan teramati sebelum kejadian gempa Cianjur 21 November 2023.

Sebelumnya sempat beredar isu, asap Gunung Gede nampak tinggi, sebenarnya ini hal yang wajar, karena kebanyakan orang menganggap bahwa Gunung Gede bukan gunungapi aktif. Saat terjadi gempa Cianjur di bawah kaki Gunung Gede, masyarakat secara otomatis memperhatikan aktivitas gunung ini. Hal yang

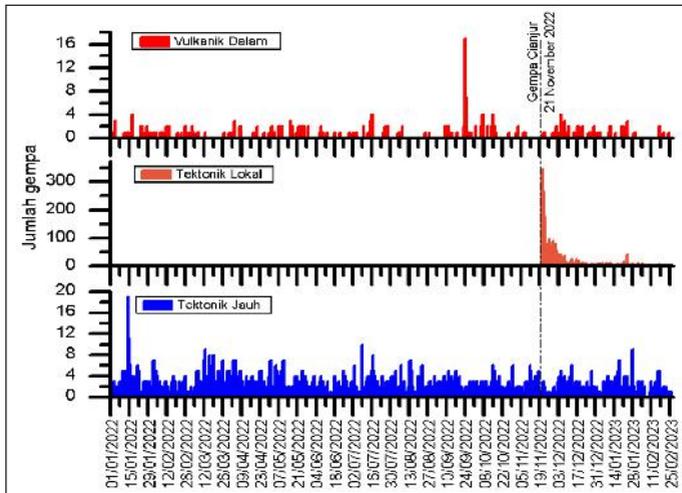
dikhawatirkan masyarakat adalah seperti pada kejadian yang menimpa pasca Gempa Yogyakarta tahun 2006, di mana Gunung Merapi beberapa waktu kemudian mengalami erupsi.

Pemantauan Kegempaan

Untuk mengetahui pergerakan magma dari bawah permukaan melalui getaran gempa mikro dengan magnitudo kurang dari 3 SR yang ditimbulkan saat fluida magma naik ke permukaan, pemantauan kegempaan Gunung Gede saat ini menggunakan 7 stasiun seismik yang tersebar di sekitar tubuh gunung.



Gambar 6. Rekaman seismik digital pada Stasiun Gunung Putri (PUT) pada 22 November 2022 atau sehari pasca kejadian gempa Cianjur, tampak masih didominasi jenis gempa Tektonik Lokal. Pada bulan November jumlah gempa yang terekam mencapai 1354 kejadian gempa dengan tingkat kekuatan atau magnitudo yang berbeda-beda.



Gambar 7. Grafik kegempaan harian Gunung Gede selama Januari 2022 – Februari 2023 yang dihitung menggunakan hasil rekaman dari Stasiun Gunung Putri (PUT). Tampak pasca kejadian gempa Cianjur terjadi peningkatan secara signifikan kejadian jenis gempa Tektonik Lokal.

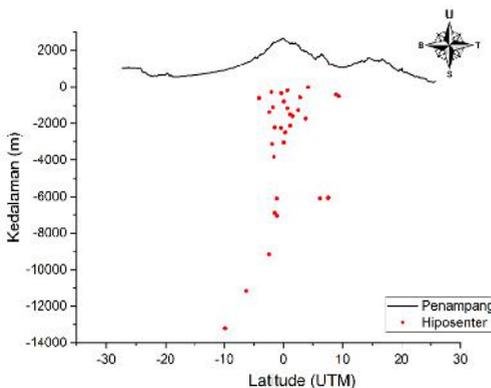
Grafik di atas menunjukkan peningkatan jumlah gempa tektonik lokal secara signifikan pasca terjadinya gempa Cianjur. Sebelum terjadi gempa Cianjur, gempa tektonik lokal yang terekam antara 10-20 gempa setiap bulan, setelah terjadinya gempa Cianjur rekaman gempa tektonik lokal meningkat sangat signifikan menjadi di atas 50 gempa setiap bulannya. Pada bulan November 2022 jumlah gempa tektonik lokal yang terekam mencapai 1354 gempa. Adanya peningkatan gempa tektonik lokal tersebut tidak memicu peningkatan gempa Vulkanik Dalam (VA) maupun gempa Vulkanik Dangkal (VB) yang berasosiasi dengan aktivitas vulkanik Gunung Gede secara signifikan, sehingga tingkat aktivitas Gunung Gede pasca kejadian gempa Cianjur masih berada pada tingkat aktivitas NORMAL.

Hiposenter dan Episenter Tahun 2022

Hasil pengolahan data menampilkan penampang sebaran hiposenter dari data gempa VA pada tahun 2022 lokasinya berada dibawah gunungapi. Perhitungan lokasi hiposenter pada dasarnya

diperoleh dari perpotongan gelombang gempa yang direkam dari beberapa stasiun dengan titik temu perpotongannya dapat diindikasikan sebagai hiposenter. Dilihat dari penampang sebaran hiposenter gempa vulkanik Gunung Gede, lokasi hiposenter terletak pada kedalaman 500 - 13.500 m di bawah kawah dari sebanyak 35 kejadian gempa VA yang dapat diolah dan memenuhi syarat untuk dapat ditentukan lokasi hiposenternya. Lokasi hiposenter dominan berada disekitar 1000-4000 m dibawah kawah. Hal ini sesuai dengan karakteristik gempa VA yang memiliki rentang kedalaman sumber gempa antara 1-20.000 m atau 1000-2000 m. Lokasi hiposenter pada kedalaman sekitar 1.000- 4.000 m ini bersesuaian dengan kedalaman kantong magma dangkal di Gunung Gede (Krimer, 2015).

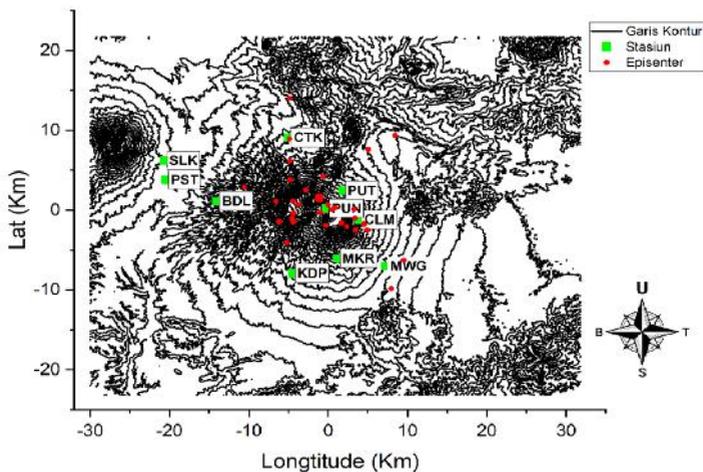
Jika diperhatikan lokasi hiposenter gempa vulkanik pada kedalaman antara 4.000 hingga 13.000 m selama tahun 2022 hanya ada 8 kejadian gempa. Hal ini menunjukkan bahwa belum terlihat adanya pergerakan fluida dari kedalaman 4.000 – 13.000 m atau dari kantong magma yang lebih dalam di Gunung Gede pada kedalaman sekitar 24.000 m (Krimer, 2015) yang signifikan. Sehingga dari pemantauan tingkat kejadian gempa vulkanik selama tahun 2022 atau pasca kejadian gempa Cianjur 21 November 2022, tidak terlihat adanya peningkatan kejadian gempa VA atau adanya pergerakan fluida dari kantong fluida yang lebih dalam menuju ke kantong fluida yang lebih dangkal.



Gambar 8. Sebaran hiposenter Gunung Gede selama tahun 2022 (Ariyanti, A., 2023)

Gambar 8 menunjukkan titik-titik gempa atau episenter di dalam jaringan stasiun seismik atau tidak jauh dari posisi stasiun seismiknya. Penyebaran episenter gempa vulkanik Gunung Gede berada di daerah stasiun puncak (PUN) yang letaknya berada di puncak Gunung Gede. Pada gambar tersebut terlihat sebaran episenter tersebar pada sekeliling kawah gunung, sebaran episenternya menunjukkan terjadi aktivitas tekanan yang bergerak ke arah kawah. Aktivitas fluida tersebut bergerak melalui rekahan atau patahan yang terbentuk akibat adanya tekanan yang muncul karena pergerakan fluida yang berada di bawah kawah Gunung Gede.

Episenter gempa VA yang berhasil ditentukan lokasinya dominan berada di bawah kawah Gunung Gede dengan luasan sekitar $10.000 \times 10.000 \text{ m}^2$, atau pergerakan fluidanya yang terjadi selama tahun 2022 masih mencerminkan aktivitas vulkanik di bawah kompleks Gunung Gede. Sedangkan episenter yang berada di luar tubuh vulkanik Gunung Gede merupakan gempa-gempa dalam dengan kedalaman gempa antara 6.000 hingga 13.000 mdpl tubuh Gunung Gede.



Gambar 9. Sebaran hiposenter yang diperoleh dari data gempa vulkanik Gunung Gede yang terjadi selama tahun 2022, data gempa yang diolah merupakan data rekaman seismogram digital pada Pos Pengamatan Gunung Gede. (Ariyanti, A., 2023)

Perhitungan nilai dV/V

Pemantauan aktivitas seismik Gunung Gede menyajikan data rekaman seismik digital secara *real-time* yang ditampilkan melalui layar monitor *personal computer* (PC) maupun pada rekaman seismograf analog PS-2. Analisis seismik seperti tomografi, sebaran hiposenter, mekanisme sumber, memerlukan stasiun seismik yang banyak dan pengolahan data yang relatif lama. Keterbatasan jumlah stasiun seismik menjadi permasalahan utama pemantauan kegempaan gunung api di Indonesia.

Dalam ilmu seismologi dikenal istilah *coda*, yang dalam *Kamus Besar Bahasa Indonesia* berarti bagian terakhir sebuah komposisi musik sebagai penutup atau penutup lagu. Dalam seismologi, istilah *coda* mengacu pada bagian akhir dari sinyal gempa bumi yang terjadi setelah bagian utama atau "puncak" dari gempa bumi tersebut. *Coda* adalah serangkaian gelombang seismik yang terjadi setelah gelombang-gelombang primer (*P-waves* dan *S-waves*) dan biasanya berisi gelombang-gelombang yang lebih lambat dan lemah. *Coda* memiliki informasi penting tentang sifat geologi bawah permukaan dan mekanisme gempa bumi, yang dapat digunakan oleh untuk memahami lebih lanjut tentang gempa bumi tersebut. Berbagai penelitian tentang *coda* dapat memberikan pemahaman yang lebih terhadap struktur bumi, karakteristik batuan, pemodelan gempa bumi dan prediksi potensi dampaknya

Pemantauan variasi *coda* terhadap korelasi *noise* di sekitarnya merupakan metode yang dapat diterapkan pada gunungapi aktif karena kesederhanaan implementasinya dan potensi kapasitasnya untuk memprediksi suatu erupsi gunungapi bahkan dengan jumlah stasiun yang terbatas (Duputel dkk., 2009). Dengan melihat variasi *coda*, kita dapat mengukur variasi kecepatan relatif yang terkait dengan perubahan sifat elastis makroskopis medium. Variasi kecepatan seismik umumnya diukur dari hasil korelasi silang *noise* seismik ambien pada setiap pasangan stasiun. Teknik ini juga

dapat diterapkan pada stasiun seismik tunggal. Sinyal pada suatu stasiun dapat dikorelasikan dengan dirinya sendiri atau disebut autokorelasi.

Dari hasil pengukuran variasi kecepatan menggunakan korelasi silang *noise* seismik pada rekaman seismik gunungapi dan kejadian gempa bumi menunjukkan penurunan kecepatan yang signifikan sebelum letusan pada Gunung Piton de la Fournaise (Brenguier dkk. 2008b), penurunan kecepatan koseismik pada gempa Mid-Niigata tahun 2004 (Wegler & Sens-Schönfelder, 2007; dan Wegler dkk., 2009), serta pengukuran perubahan kecepatan menggunakan autokorelasi akibat gempa Noto Hanto tahun 2007 (Ohmi et al. 2008).

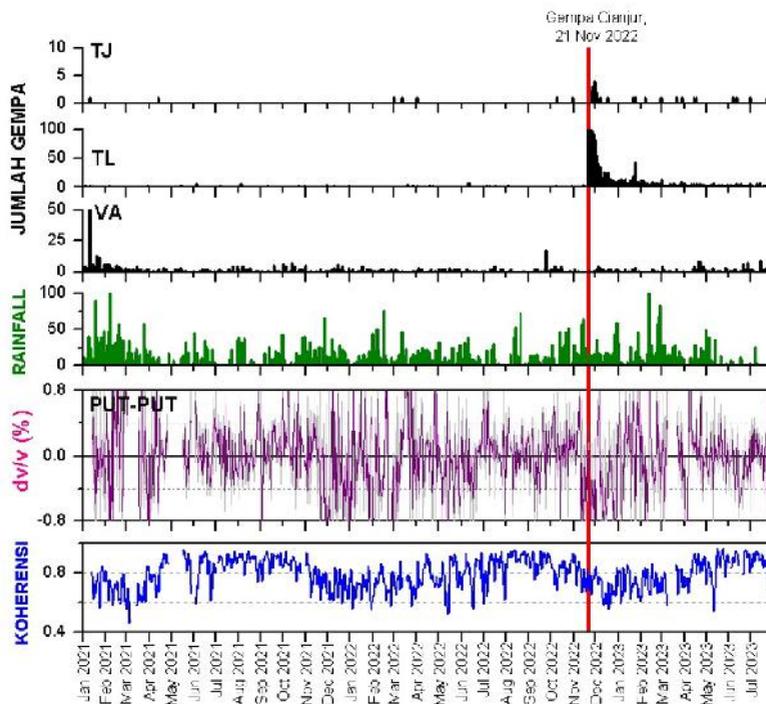
Perimbangan yang jelas antara tingkat pra-seismik dan pasca-seismik dapat dilihat pada fase untuk semua fungsi korelasi. *Auto Correlation Function (ACF) ambient noise* dapat diartikan sebagai jumlah gelombang yang dihamburkan kembali oleh heterogenitas acak pada litosfer dengan sumber dan penerima gelombang di lokasi yang sama (Sens-Schönfelder dan Wegler, 2006) berdasarkan teori hamburan tunggal (Aki dan Chouet, 1975). Dengan asumsi perubahan kecepatan relatif konstan pada medium di sekitar stasiun, setiap gelombang yang merambat dari stasiun ke hamburan dan kembali ke stasiun akan tertunda dengan penundaan waktu relatif yang sebanding dengan perubahan kecepatan relatif:

$$\Delta = \frac{dv}{v} = -\frac{dt}{t}, \quad (1)$$

Data seismik yang digunakan untuk pengolahan menggunakan data rekaman pada stasiun seismik Gunung Putri (PUT), sinyal komponen vertikal seismometer L4C periode pendek (periode natural 1 s) pada sampling rate 100 Hz. Variasi kecepatan relatif ($\delta v/v$) diukur dari autokorelasi *noise* seismik. Program yang digunakan adalah *MSNoise* yang tersedia secara gratis (Lecocq et al., 2014) untuk menghitung $\delta v/v$. Data gempa yang digunakan

adalah data selama lebih dari 1 tahun dan memilih periode 'tenang' tanpa letusan atau peningkatan aktivitas dan aktivitas seismik rendah sebagai periode referensi.

Karena daerah ini merupakan bagian dari daerah vulkanik yang mempunyai medan tegangan ekstensional, maka kemungkinan perubahan kecepatan tersebut disebabkan oleh masuknya fluida dari dalam daerah hiposenter. Bidang tegangan ekstensional dapat mendorong pembukaan retakan.



Gambar 10. Grafik kegempaan Gunung Gede selama periode Januari 2021 - Juli 2023, menunjukkan tingkat kegempaan harian jenis gempa Tektonik Jauh (TJ), Tektonik Lokal (TL), dan gempa Vulkanik Dalam (VA), serta data curah hujan (rainfall), nilai dv/v , dan koherensi.

Hasil *autokorelasi ambient noise* dari stasiun seismik di Gunung Gede Stasiun Gunung Putri (PUT), terlihat adanya penurunan nilai kecepatan seismik (dv/v) serta nilai koherensi pada beberapa periode, yaitu pada Januari – April 2021, pertengahan November 2021 – Juni 2022, serta 11 November -April 2023. Terjadinya penurunan nilai kecepatan seismik (dv/v) serta nilai koherensi pada periode Januari – April 2021 bersesuaian dengan peningkatan kejadian gempa Vulkanik Dalam (VA) dan tingginya curah hujan. penurunan nilai kecepatan seismik (dv/v) serta nilai koherensi pada periode pertengahan November 2021 – Juni 2022 bersesuaian dengan tingginya curah hujan. Sedangkan penurunan nilai kecepatan seismik (dv/v) serta nilai koherensi pada periode 11 November -April 2023 bersesuaian dengan peningkatan kejadian gempa Tektonik Lokal dan tingginya curah hujan. Penurunan nilai kecepatan seismik (dv/v) serta nilai koherensi pada periode ini dimulai sekitar 9 hari sebelum terjadinya gempa Cianjur.

Dengan demikian, gempa Cianjur tidak memicu peningkatan gempa vulkanik sehingga mengakibatkan peningkatan aktivitas vulkanik Gunung Gede atau tidak memicu terjadinya pergerakan fluida ke permukaan. Dan hasil perhitungan *autokorelasi ambient noise* dari stasiun seismik Gunung Putri (PUT), menunjukkan terjadi penurunan nilai kecepatan seismik (dv/v) serta nilai koherensi pada periode 11 November -April 2023 dapat disebabkan oleh dua hal, yaitu bersesuaian dengan proses perubahan tekanan menjelang dan pasca gempa Cianjur, serta tingginya curah hujan selama periode tersebut.

*Bekerja di Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG)

Survei *Ground Penetrating Radar* Pasca Gempa Bumi Cianjur

Oleh: G.M. Lucky Junursyah*, Sukahar Eka Adi Saputra*, Hidayat*, Joko Wahyudiono*, dan Asep Sutia Erawata*, Agus Budianto**, Imam Catur Priambodo**

“Survei ini mengindikasikan adanya perombakan tanah pada berbagai penggunaan lahan, sehingga dapat memicu rekahan ke permukaan. Rekahan dapat berpotensi aktif kembali bila daya ikat dan kestabilan tanahnya berubah. Gerakan tanah berpotensi terjadi bila bidang gelincir mengalami pengurangan daya ikat tanah, ketidakstabilan tanah, dan gaya gravitasi”.

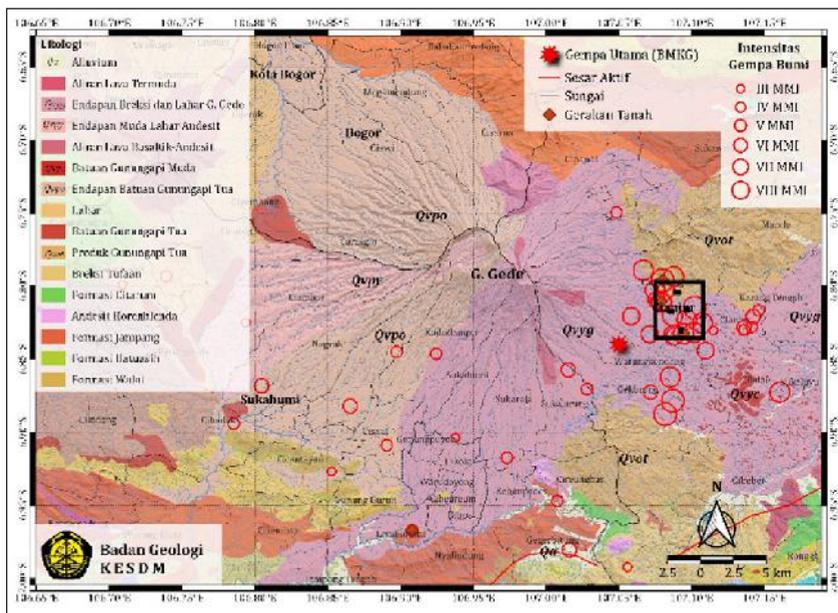
Survei *Ground Penetrating Radar* (GPR), yang termasuk penyelidikan geofisika bawah permukaan dangkal, merupakan salah satu kegiatan lanjutan dalam penanganan pasca gempa bumi di Kabupaten Cianjur yang dilakukan oleh Badan Geologi.

Mempelajari sifat dielektrik *susceptibility* batuan akibat adanya pemantulan dari gelombang EM yang dipancarkan di permukaan bumi terhadap kontras sifat dielektrik *susceptibility* antar lapisan. Survei GPR ini menggunakan peralatan IDS berfrekuensi tinggi (25 Mhz) dengan model pengukuran *Bistatik-Unshielded*.

Pada praktiknya, ada empat lintasan survei GPR yang tersebar di beberapa daerah survei, yaitu Longkewang (L-01), Cibulakan (L-02), Benjot (L-03), dan Gasol (L-04). Daerah survei GPR terletak di bagian timur laut dari episenter gempa bumi Cianjur (6,84 LS – 107,05 BT) yang terjadi pada 21 November 2022 pukul 13:21:10 WIB dengan Magnitudo 5,6.

Berdasarkan *Peta Geologi Lembar Cianjur skala 1:100.000* (Sudjarmiko, 1972), daerah survei GPR terletak pada satuan batuan dari tua ke muda, yaitu:

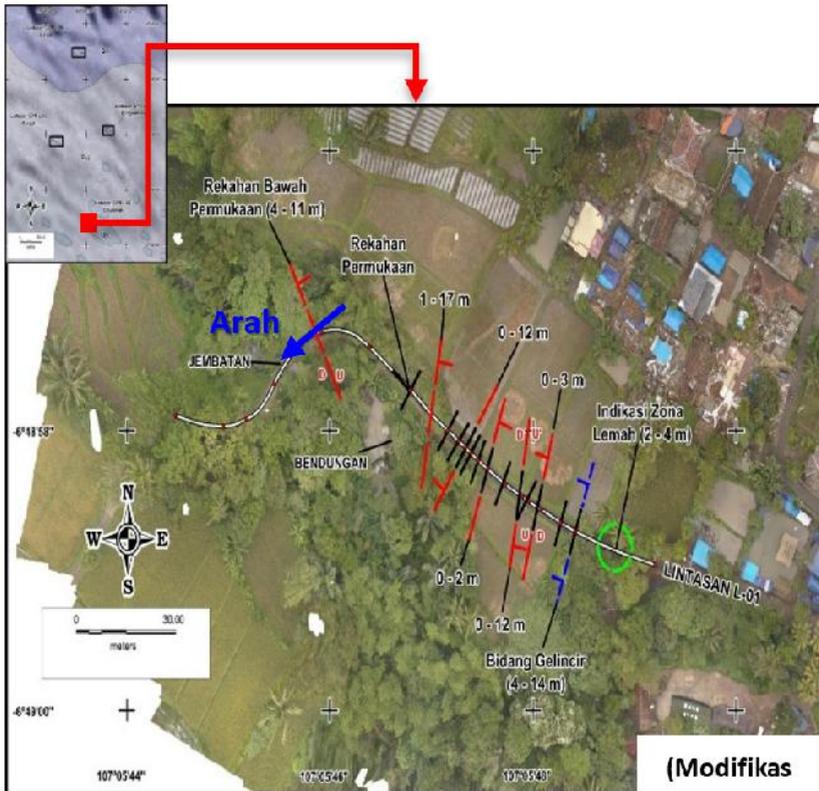
- Hasil Gunungapi Tertua (Qot) terdiri atas breksi dan lava, dengan ketebalan mencapai 150 m, membentuk daerah perbukitan luas yang terpisah dan dikelilingi oleh satuan batuan Qyg (survei GPR lintasan L-04).
- Bukit-Bukit Kecil (Qyc) terutama terdiri atas bongkah-bongkah basal membentuk gugusan bukit-bukit kecil (survei GPR lintasan L-02).
- Breksi dan Lahar dari G. Gede (Qyg) terdiri atas batupasir tufan, serpih tufan, breksi tufan dan aglomerat tufan, dengan ketebalan mencapai 100 m (survei GPR lintasan L-01 dan lintasan L-03).



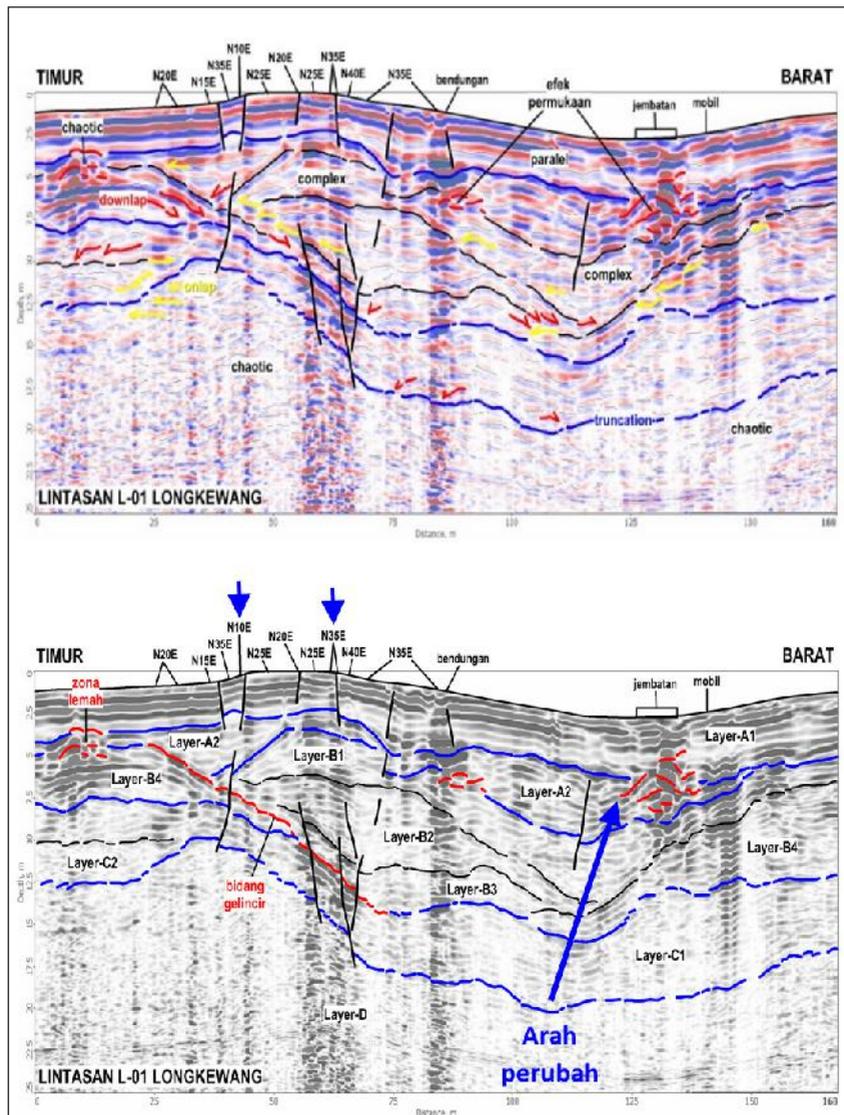
Gambar 1. Peta sebaran lokasi kerusakan (www.geologi.esdm.go.id)

Pengambilan Data GPR di daerah Terdampak

a. Kampung Longkewang



Gambar 5. Lokasi pengukuran GPR pada lintasan di Kampung Longkewang



Gambar 6. Interpretasi Vertikal lintasan Longkewang

Pada hasil GPR di Lintasan L-01 Longkewang sepanjang 168 m terdapat beberapa gejala geologi bawah permukaan dangkal (± 25 m), sebagai berikut:

Layer-A1:

Dibatasi oleh permukaan dan efek *truncation* (toplap) yang memisahkan lapisan dominan parallel (*Layer-A1*) dengan lapisan dominan *convergent - chaotic diffractions* (*Layer-A2*); Ketebalan lapisan mencapai 2.0- 4.3 m dengan sebaran relatif sama; Lapisan ini ditafsirkan terdiri atas *soil*, tanah rombakan, dan aspal; Terdapat indikasi rekahan bawah permukaan yang berkorelasi dengan rekahan di permukaan, berarah N15^oE, N10^oE, N20^oE, dan N35^oE dengan kedalaman mencapai 2- 12 m.

Layer-A2:

Dibatasi oleh efek *truncation* (*onlap - downlap*) yang memisahkan lapisan dominan *convergent - chaotic diffractions* (*Layer-A2*) dengan lapisan dominan *parallel - oblique - complex* (*Layer-B1* dan *Layer-B4*);

Ketebalan lapisan mencapai 4.4 m yang mengalami penebalan ke arah lembahan (*paleochannel*) dan bagian bidang gelincir (*area rupture*). Lapisan ini ditafsirkan masih terdiri atas *soil* dan tanah rombakan; Terdapat indikasi rekahan bawah permukaan mencapai kedalaman 11- 17 m dan ada yang berkorelasi dengan rekahan di permukaan secara tidak langsung pada arah N10^oE dan N35^oE; Terdapat indikasi bidang gelincir yang memisahkan *Layer-B4* dan *Layer-B1* pada bagian bawah *Layer-A2*. Efek *Chaotic diff* yang terjadi disebabkan oleh adanya efek permukaan berupa bangunan bendungan, jembatan, dan mobil, kecuali di bagian timur penampang yang diindikasikan sebagai zona lemah.

Layer-B:

Dibatasi oleh efek *truncation (toplap - onlap - downlap)* yang memisahkan lapisan dominan *parallel - oblique – complex* dengan lapisan dominan *parallel - chaotic diffractions (Layer-C)*;

Ketebalan lapisan mencapai 4.2 m (*Layer-B1*); 5.3 m (*Layer-B2*); 3.0 m (*Layer-B3*); dan 5.6 m (*Layer-B2*); Lapisan ini ditafsirkan masih terdiri atas selang-seling batupasir - breksi - aglomerat tufan yang merupakan bagian dari komponen Qyg; Pengendapan *Layer-B4* di bagian timur dibatasi oleh bidang gelincir hingga mencapai kedalaman 14 m, sedangkan di bagian Barat dibatasi oleh perubahan deposenter local (*paleochannel*) ke arah barat dari *Layer-C1* ke layer yang lebih muda. Hal ini mengindikasikan bahwa *Layer-B3, B2, dan B1* merupakan rombakan dari *Layer-B4* dan komponennya mengasar ke arah atas.

Layer-C:

Dibatasi oleh efek *truncation (downlap - onlap)* yang memisahkan lapisan dominan *parallel - chaotic diffractions* dengan lapisan dominan *chaotic diffractions (layer-D)*; Ketebalan lapisan mencapai 2.0 – 6.5 m (*Layer-C1*) dan 2.5 m (*Layer-C2*); Lapisan ini ditafsirkan masih sama komponennya dengan *Layer-B* tetapi lebih halus (tufan) atau mengandung air; dengan sebaran mengikuti lapisan *Layer-D*.

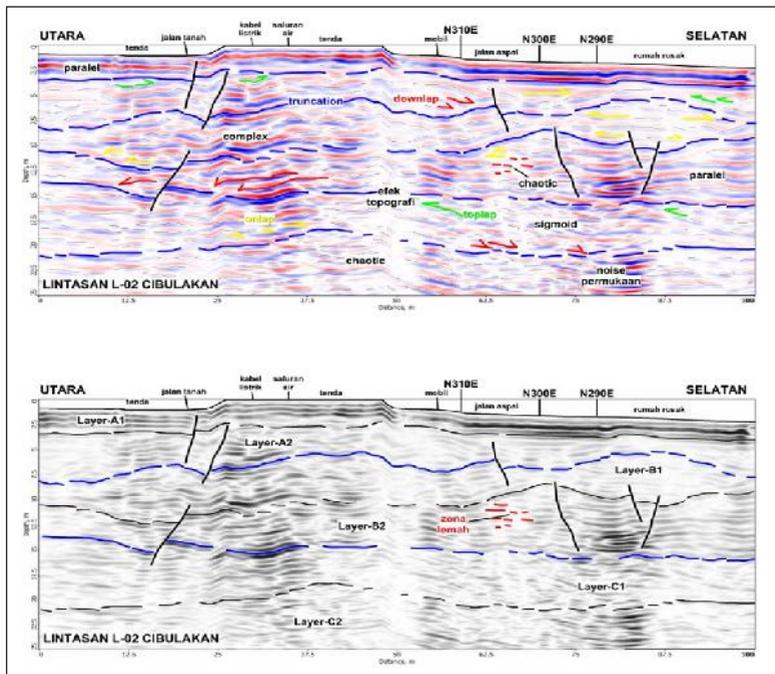
Layer-D:

Lapisan ini ditafsirkan memiliki komponen yang halus (*impermeable*) atau lapisan berkomponen kasar yang jenuh air. Indikasi rekahan bawah permukaan mencapai kedalaman 17 m dan ada yang berkorelasi dengan rekahan di permukaan secara tidak langsung pada arah N10°E dan N35°E.

b. Kampung Cibulakan



Gambar 7. Pengambilan data GPR di Lintasan Cibulakan



Gambar 8. Interpretasi Vertikal lintasan Cibulakan

Pada hasil GPR di lintasan L-02 Cibulakan sepanjang 100 m terdapat beberapa gejala geologi bawah permukaan dangkal (± 25 m), yaitu:

Layer-A:

Dibatasi oleh permukaan dan efek *truncation* (toplap- downlap) yang memisahkan lapisan dominan paralel (*Layer-A1*) dengan lapisan dominan *parallel – convergent - chaotic diffractions* (*Layer-A2*); Ketebalan lapisan mencapai 1.6 – 2.9 m (*Layer-A1*) dan 1.5 – 4.9 m (*Layer-A2*) yang mengalami penebalan ke arah utara; Lapisan ini ditafsirkan terdiri atas *soil*, tanah rombakan, dan aspal (*Layer-A1*); Terdapat indikasi rekahan bawah permukaan yang berkorelasi dengan rekahan di permukaan secara tidak langsung pada arah N3400E dengan kedalaman mencapai 5 m dan pada arah N3100E dengan kedalaman mencapai 7 m.

Layer-B:

Dibatasi oleh efek *truncation* (*onlap - downlap*) yang memisahkan lapisan dominan *parallel - complex* (*Layer-B1*) dengan lapisan dominan *parallel – convergent* (*Layer-B2*); Ketebalan lapisan mencapai 1.4 – 5.7 m (*Layer-B1*) dan 1.9 – 7.2 m (*Layer-B2*); Lapisan ini ditafsirkan terdiri atas komponen batupasir halus hingga bongkah; Terdapat indikasi rekahan bawah permukaan mencapai kedalaman 13 – 16 m dan ada yang berkorelasi dengan rekahan di permukaan secara tidak langsung pada arah N3400E serta N3100E; N3000E; dan N2900E;

Efek *Chaotic* yang terjadi pada lapisan ini diindikasikan sebagai zona lemah.

Layer-C:

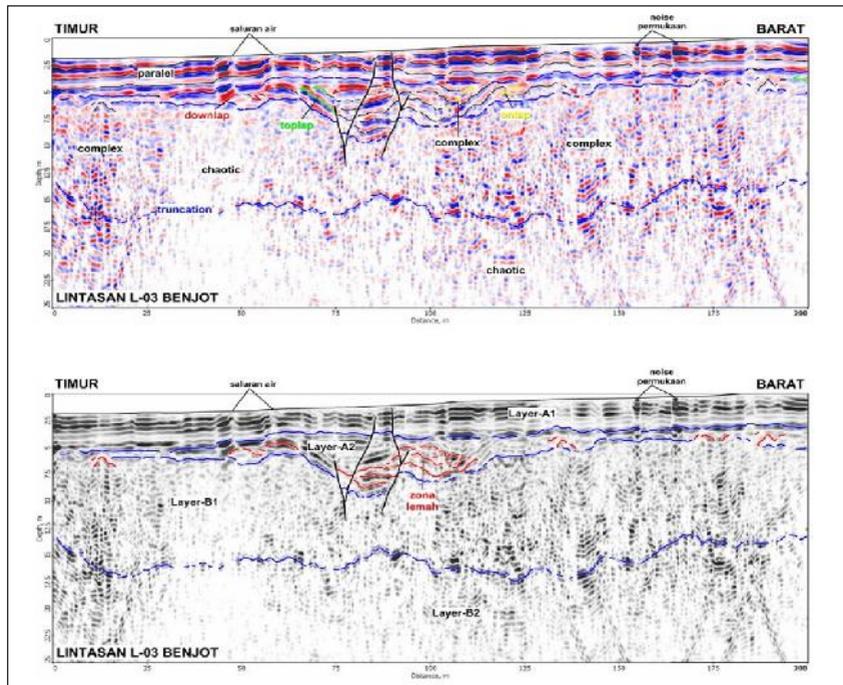
Dibatasi oleh efek *truncation* (*toplap - onlap - downlap*) yang memisahkan lapisan dominan *parallel - sigmoid - chaotic diffractions* (*Layer-C1*) dengan lapisan dominan *chaotic diffractions* (*Layer-C2*); Ketebalan lapisan layer C-1 mencapai 3.6 – 7.5 m. Lapisan ini ditafsirkan terdiri atas komponen batupasir halus hingga bongkah yang mengandung air (*Layer-C2*); Indikasi rekahan bawah permukaan berarah N3400E masih terlihat hingga 16 m.

Indikasi rekahan bawah permukaan di bagian utara penampang berkembang pada arah N340°E yang secara tidak langsung berkorelasi dengan rekahan di permukaan hingga kedalaman 5 – 16 m. Indikasi rekahan bawah permukaan di bagian selatan penampang yang secara tidak langsung berkorelasi dengan rekahan di permukaan, berkembang pada arah N310°E dengan kedalaman 7 m dan pada arah N300°E dan N290°E dengan kedalaman 10 - 13 m; Efek Chaotic yang terjadi pada *Layer-B* diindikasikan sebagai zona lemah pada kedalaman 9 – 12 m yang berhubungan dengan pembentukan rekahan N310°E; Efek truncation sebagai batas lapisan memperlihatkan komponen batuan yang sama dari kedalaman 25 m hingga ke permukaan, yaitu terdiri atas komponen batupasir halus hingga bongkah (*Layer-B* dan *Layer-C*) yang tertutupi oleh lapisan permukaan berupa *soil*, tanah rombakan, dan aspal (*Layer-A*).

c. Kampung Benjot



Gambar 9. Pengambilan data GPR di Lintasan Desa Benjot



Gambar 10. Interpretasi Vertikal lintasan Benjot

Pada hasil GPR di Lintasan L-03 Benjot sepanjang 200 m terdapat beberapa gejala geologi bawah permukaan dangkal (± 25 m), yaitu:

Layer-A:

Dibatasi oleh permukaan dan efek *truncation* (*toplap* dan *onlap* - *downlap*) yang memisahkan lapisan dominan paralel (*Layer-A1*) dengan lapisan dominan sigmoid - complex (*Layer-A2*). Ketebalan lapisan mencapai 2.5 – 3.8 m (*Layer-A1*) dan 5.8 m (*Layer-A2*) yang menebal ke arah tengah penampang. Lapisan ini ditafsirkan terdiri atas *soil*, lempungan, tanah rombakan;

Terdapat indikasi rekahan bawah permukaan yang tidak berkorelasi dengan rekahan di permukaan pada kedalaman 5- 10 m. Arah dari rekahan ini tidak diketahui secara pasti (arah rekahan permukaan terdekat pada N310⁰E). Efek *Chaotic diffraction* dan

complex yang terjadi pada layer-A2 ini diindikasikan sebagai zona lemah dengan kedalaman 3 – 8 m.

Layer-B:

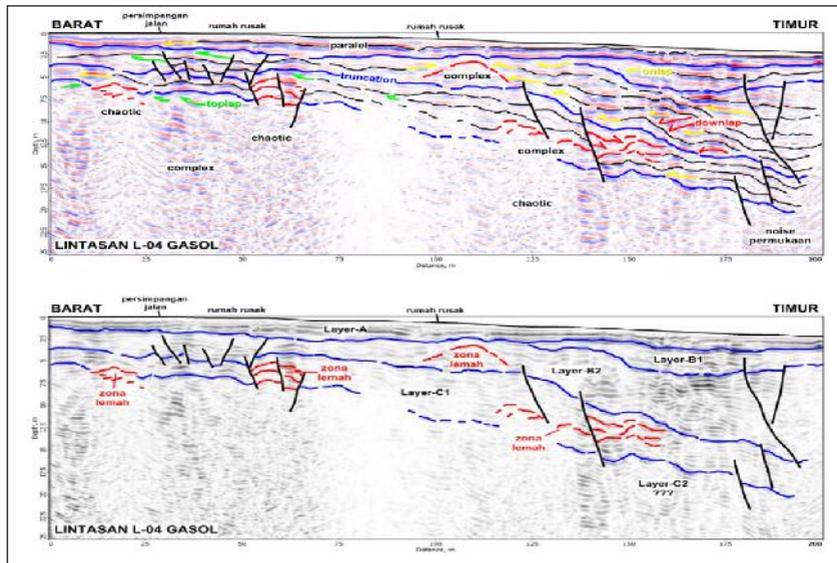
Dibatasi oleh efek *truncation chaotic* dan penguatan reflektor yang memisahkan lapisan *Layer-B1* dan *Layer-B2*, ketebalan lapisan *Layer-B1* mencapai 4.9 – 11.6 m. Lapisan ini ditafsirkan terdiri atas komponen batupasir- breksi- aglomerat tufan yang jenuh air atau dapat pula merupakan lapisan berkomponen halus yang bersifat impermeable.

Indikasi rekahan bawah permukaan (N310°E) yang tidak berkorelasi dengan rekahan di permukaan memiliki kedalaman 1 – 4 m hingga 5- 10 m. Efek *chaotic diffraction* dan *complex* yang terjadi pada *Layer-A* diindikasikan sebagai zona lemah dengan kedalaman mencapai 3 – 8 m. *Layer-B* ditafsirkan terdiri atas komponen batupasir – breksi – aglomerat tufan yang jenuh air atau dapat pula merupakan lapisan berkomponen halus yang bersifat *impermeable*.

d) Kampung Gasol



Gambar 11. Pengambilan data GPR di Lintasan Desa Gasol



Gambar 12. Interpretasi Vertikal lintasan Gasol

Layer-C:

Dibatasi oleh efek *truncation* (*toplap* – *onlap* - *downlap*) yang memisahkan lapisan dominan *parallel* – *cross layered* – *complex* (*Layer-C1*) dengan lapisan dominan *chaotic diffraction* (*Layer-C2*). Ketebalan lapisan mencapai 1.6–6.6 m (*Layer-C1*) yang mengalami penebalan ke arah timur penampang;

Lapisan C1 ditafsirkan terdiri atas komponen yang sama dengan *Layer-B*, tetapi pada lapisan C2 ditafsirkan terdiri atas komponen yang lebih halus (*impermeable*) atau komponen kasar yang mengandung jenuh air. Terdapat indikasi rekahan bawah permukaan yang kemungkinan berarah N335°E (kelurusan sungai) dengan kedalaman dari 4- 14 m hingga 8 – 20 m. Efek *Chaotic diffraction* dan *complex* diindikasikan sebagai zona lemah pada kedalaman 6 – 8 m dan ada yang berhubungan dengan pembentukan rekahan pada kedalaman 5 – 8 m dan 9 – 13 m. Hal ini dapat berdampak terjadinya potensi gerakan tanah apabila bidang gelincir mengalami pengurangan daya ikat tanah, ketidakstabilan tanah, dan gaya gravitasi.

Indikasi rekahan bawah permukaan (N335°E) yang tidak berkorelasi dengan rekahan di permukaan memiliki kedalaman 2- 7 m hingga 5 – 17 m (*Layer-B*) dan 4- 14 m hingga 8 – 20 m (*Layer-C*). Efek Chaotic diffraction diindikasikan sebagai zona lemah yang terjadi di *Layer-B* pada kedalaman 3- 5 m dan di *Layer-C* pada kedalaman 6- 8 m; serta 5- 8 m dan 9- 13 m yang berhubungan dengan pembentukan rekahan;

Pembentukan zona lemah, rekahan, serta kemiringan dan penebalan batas lapisan dapat diindikasikan sebagai daerah yang berpotensi mengalami gerakan tanah; *Layer-C2* ditafsirkan terdiri atas komponen halus (*impermeable*) atau komponen kasar yang mengandung jenuh air.

Beberapa Indikasi Hasil Survei

Lapisan Penutup yang terdiri atas *soil*, tanah rombakan, dan aspal, secara umum memiliki ketebalan dari 1.3 m hingga 8.4 m (L-01 = 2.0 – 7.5 m; L-02 = 1.6 – 7.3 m; L-03 = 2.5 – 8.4 m; dan L-04 = 1.3 – 2.4 m) telah mengalami rekahan tanah, kecuali pada lintasan L-04. Hal ini mengindikasikan adanya perombakan tanah dalam berbagai penggunaan lahan, sehingga dapat memicu rekahan ke permukaan.

Indikasi zona lemah dominan terbentuk pada daerah yang berhubungan dengan pembentukan rekahan di bawah permukaan pada kedalaman berkisar dari 2 – 9 m hingga 4 – 13 m. Hal ini mengindikasikan rekahan yang terbentuk dapat berpotensi aktif kembali apabila terjadi perubahan daya ikat dan kestabilan tanah;

Rekahan yang terbentuk hingga ke lapisan terbawah yang masih terdeteksi oleh survei GPR dominan berarah N10°E - N35°E dan N290°E - N340°E (panah biru). Hal ini berkesinambungan dengan pembentukan perbukitan dan lembahan yang berarah relatif tenggara – barat laut dan barat daya – timurlaut.

Indikasi bidang gelincir terdapat pada lintasan L-01 dan L-04 (panah merah) kemungkinan dapat berpotensi mengalami gerakan tanah apabila bidang gelincir mengalami pengurangan daya ikat tanah, ketidakstabilan tanah, dan gaya gravitasi.

Ke depannya, kajian ini memerlukan penambahan data bawah permukaan dangkal dari berbagai integrasi metode geofisika (GPR, *Resistivity* 2D, dan Gradiomagnet, serta mikrotremor); Analisis peta citra/drone secara detail perlu dilakukan terhadap pembentukan kelurusan di permukaan.

*Bekerja di Pusat Survei Geologi (PSG)

**Bekerja di Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG)

Tinjauan tentang Jenis Gerakan Tanah yang Dipicu Gempa Bumi di Kabupaten Cianjur

Oleh: Sumaryono*, Anjar Heriwaseso*, M. Nizar Firmansyah*, Yohandi Kristiawan*, dan Sony Mawardi**

“Dengan memahami karakteristik gerakan tanah akibat kejadian gempa bumi di Cianjur diharapkan dapat digunakan untuk mengkaji analisis bahaya gerakan tanah seismik atau seismic landslide hazard analysis”

Penyelidikan pergerakan tanah pada kondisi lereng yang dipicu oleh gempa bumi merupakan suatu tantangan yang menarik, karena tidak semua lereng dapat terjadi pergerakan tanah jika dipicu getaran gempa bumi. Kejadian gerakan tanah yang dipicu oleh gempa di Indonesia selama lima belas tahun terakhir dengan magnitudo lebih dari 6 ($M > 6.0$), yaitu Rockfall pada Bukit Cikangkareng, Cianjur (2 September 2009), Longsor Tandikat (30 September 2009), tanah longsor Kulawi (18 Agustus 2012) dan Serempah tanah longsor (2 Juli 2013), tanah longsor akibat gempa bumi Lombok 2018, tanah longsor dan likuefaksi di Palu (28 September 2018), dan tanah longsor Tigo Nagari, Pasaman (2022). Sedangkan gempa bumi dengan skala magnitudo kurang dari 6 ($M < 6.0$) pada tanggal 21 November 2022 menyebabkan banyak korban jiwa di Kabupaten Cianjur dan terjadi beberapa tipe gerakan tanah atau longsor.

Penelitian dan dokumentasi gerakan tanah yang dipicu oleh gempa bumi telah dilakukan sejak 1789 di Cina (Hansen dan Frank, 1991; Keefer, 2002) dan 373 atau 372 di Yunani (Seed, 1968; Keefer, 2002). Pada 2008 gempa bumi Wenchuan, Cina, mengakibatkan 20.000 orang meninggal akibat langsung dari gempa bumi dan tanah longsor (Yin et al., 2009), gempa bumi yang memicu tanah longsor umumnya terjadi dalam jumlah atau skala besar, dan tersebar luas (Zhang dan Su, 2013), sehingga mengakibatkan kerugian dan kehancuran secara massif.

Kajian tentang tanah longsor yang dipicu gempa bumi adalah komponen penting dalam pengurangan bahaya dan risiko korban jiwa dan kerugian ekonomi akibat gempa bumi pada daerah seismik aktif (Wasowski et al., 2011). Parameter geoteknik seperti sudut gesekan dalam dan kohesi tidak dapat menjelaskan distribusi dan densitas gerakan tanah/longsor. Longsoran atau gerakan tanah yang dipicu oleh gempa bumi lebih berkorelasi dengan karakteristik geologi, geologi teknik dan geomorfologi (Keefer, 2000). Giraud (2005) menyatakan bahwa pemetaan geologi sangat penting untuk mengidentifikasi dan menggambarkan area aktif dari kipas aluvial. Pemetaan aliran debris dan endapan lainnya umumnya berfokus pada bentang alam; tingkat, jenis, karakter, dan umur endapan geologi, khususnya periode aliran bahan rombakan; dan stratigrafi hubungan antar endapan debris.

Kondisi geologi dan geomorfologi sangat berperan pada longsoran yang dipicu oleh gempa bumi Sumatera Barat pada tahun 2009 (Nakano, dkk, 2015, Sumaryono dkk, 2015). Hasil Penelitian menunjukkan bahwa longsor yang dipicu gempa bumi Sumatera Barat sangat berkaitan dengan batu apung dari Gunung Tandikat dengan ketebalan > 3 m. Batu apung tersebut paralel dengan lereng dan beberapa tempat dilakukan pemotongan pada kaki lereng, batu apung dan butiran tanah membentuk lapisan gabungan dan sangat lapuk menjadi material lempung yang kaya akan mineral *halloysite*. Lapisan gabungan kaya *halloysite* ini sebagai bidang gelincir longsoran. Arifianti dkk, 2023, yang melakukan penilaian kerentanan gerakan tanah yang dipicu oleh gempa bumi di Palu

28 September 2018 dengan skala 7,5 Mw, menyatakan bahwa metode kuantitatif WoE dapat dilakukan untuk menilai hubungan antara tanah longsor dan enam faktor penyebabnya, yaitu litologi, penggunaan lahan, percepatan tanah puncak, kemiringan lereng, aspek, dan ketinggian untuk menentukan tingkat kerentanan dan untuk menghasilkan peta kerentanan gerakan tanah akibat gempa di Palu.

Untuk kasus gempa bumi Cianjur, pengamatan dan penyelidikan di lapangan dan studi pustaka telah dilakukan untuk menganalisis kejadian gerakan tanah yang dipicu oleh gempa bumi di Kabupaten Cianjur. Identifikasi gerakan tanah yang dipicu oleh gempa bumi dideskripsikan berdasarkan geomorfologi, geologi, sumber gempa bumi, korban jiwa (meninggal dan hilang), dan jenis atau karakteristik gerakan tanah berdasarkan klasifikasi Keefer (2002) dan Cruden dan Varnes (1996).

Kondisi Umum Gempa Bumi Pemicu Gerakan Tanah di Cianjur

Berdasarkan sumbernya, gempa bumi pemicu gerakan tanah dapat diidentifikasi sebagai gempa bumi berasal dari zona subduksi/penunjaman (kejadian runtuhnya bukit Cikangkareng) dan gempa bumi berasal dari sesar aktif (kejadian gerakan tanah pada wilayah Cugenang dan sekitarnya). Ada 2 kejadian gempa bumi yang memicu terjadi gerakan tanah di Kabupaten Cianjur, antara lain:

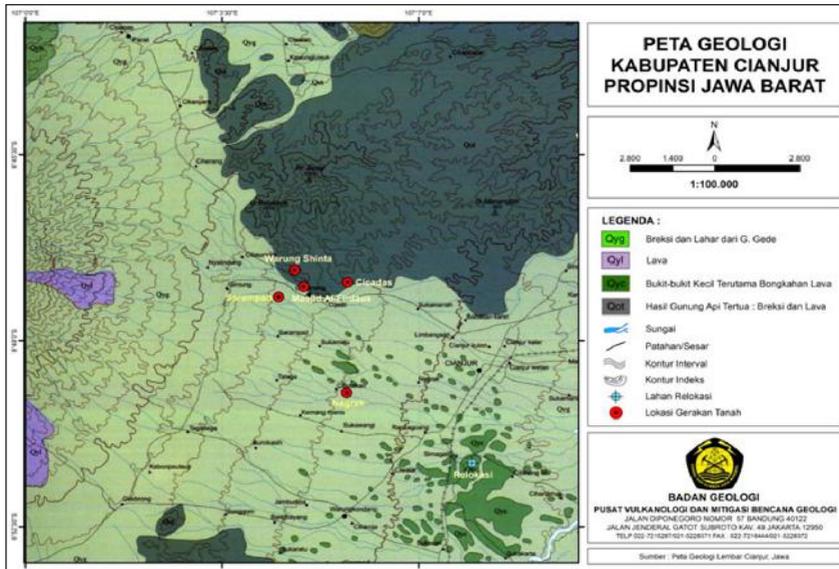
- a. Gempa Bumi Jawa Barat Bagian Selatan (7.3 SR) terjadi di Samudera Hindia pada tanggal 2 September 2009 pukul 14.55 dengan kedalaman 46,2 km. Gempa bumi terletak pada $7,809^{\circ}$ LS dan 107.259° BT, jaraknya sekitar 100 km barat daya Bandung (USGS, 2009). Gempa bumi ini menyebabkan runtuhnya atau jatuhnya batu pada Bukit Cikangkareng sehingga menimpa Kampung Babakan Caringin, Desa Cikangkareng, Kecamatan Cibinong, Kabupaten Cianjur.

- b. Gempa bumi Cianjur terjadi pada tanggal 21 November 2022 pukul 13:21:10 WIB. Episentrumnya berada pada koordinat 6,84 LS – 107,05 dan kedalaman 11 km dengan magnitudo 5,6 SR. Gempa bumi tersebut memicu terjadinya gerakan tanah yang tersebar di sejumlah wilayah Kabupaten Cianjur khususnya di wilayah Kecamatan Cugenang dan sekitarnya.

Geologi dan Kerentanan Gerakan Tanah yang Dipicu Gempabumi

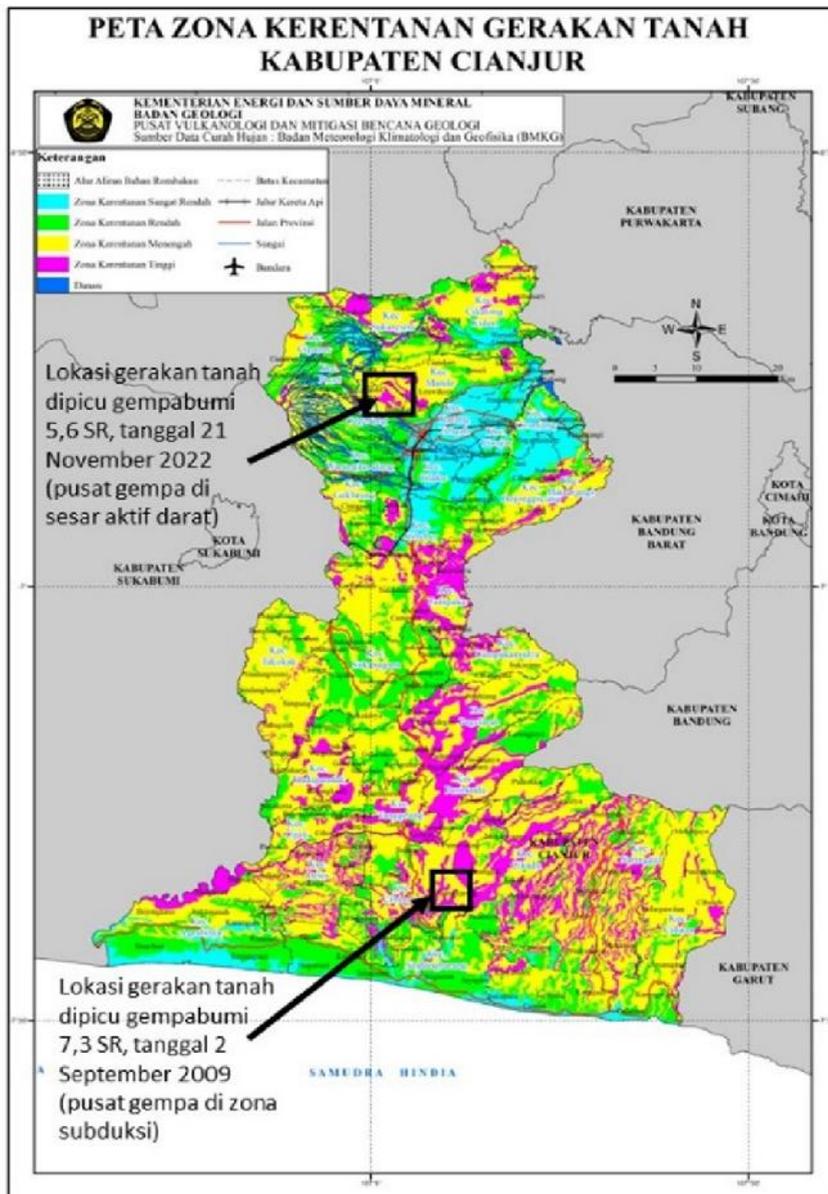
Kejadian runtuhnya Bukit Cikangkareng akibat gempa bumi Jawa Barat Bagian Selatan (7.3 SR) terjadi di Samudera Hindia pada tanggal 2 September 2009 dengan kondisi geologi terdiri atas sedimen Tersier di antaranya batupasir tufa berlapis baik dan tidak terkonsolidasi dengan baik, tufa Kristal dengan interkalasi tufa yang memiliki banyak kekar dan rekahan. Lokasi runtuhnya Bukit Cikangkareng berada pada Zona Kerentanan Gerakan Tanah Tinggi (Gambar 2).

Lokasi gerakan tanah akibat gempa bumi Cianjur 21 November 2022 dengan magnitudo 5,6 SR secara umum berada pada batuan vulkanik berupa breksi dan lava (Sudjatmiko, 2003). Lokasi Cijedil (Area Warung Shinta, Masjid Firdaus, dan Kampung Cicadas) berada pada area yang disusun oleh Produk Gunungapi Tua (Qvot) yang telah mengalami pelapukan tinggi (Gambar 1). Tanah pelapukan berupa lempung pasiran dengan ketebalan pelapukan pada area ini dari singkapan yang terlihat ketebalan tanah pelapukan bisa mencapai >10 m. Lokasi gerakan tanah menunjukkan bahwa tanah sangat gembur, urai, lepas dan lunak. Lokasi Cijedil umumnya berada pada batas litologi vulkanik tua dengan endapan laharik Gunung Gede yang berumur Kuartar. Sedangkan di Kampung Cisarua, Sarampad dan Kampung Rawacina, Nagrak, litologinya disusun batuan breksi dan lahar dari Gunung Gede. Hasil pemeriksaan lapangan menunjukkan tanah pelapukan pasir lempungan yang jenuh air dan gembur dengan ketebalan > 4 meter.



Gambar 1. Sebaran lokasi gerakan tanah dipicu gempa Cianjur 5.3 SR pada Peta Geologi Cianjur

Berdasarkan *Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah di Kabupaten Cianjur* (PVMBG-Badan Geologi), daerah gerakan tanah termasuk dalam Zona Kerentanan Gerakan Tanah Menengah (Gambar 2). Zona Kerentanan Gerakan Tanah Menengah artinya, di daerah ini berpotensi menengah dan dapat terjadi gerakan tanah, terutama pada daerah yang berbatasan dengan lembah sungai, gawir, tebing jalan atau jika lereng mengalami gangguan. Gerakan tanah zona menengah ini dapat terjadi jika terkena guncangan yang kuat. Gerakan tanah juga dapat aktif kembali akibat curah hujan tinggi dan erosi yang kuat.



Gambar 3. Lokasi gerakan tanah yang dipicu gempa bumi pada Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah di Kabupaten Cianjur

Jenis Gerakan Tanah yang Dipicu oleh Gempa Bumi di Cianjur

Kejadian gerakan tanah di Cianjur umumnya terjadi pada daerah dengan kelerengan terjal dan dipicu oleh intensitas hujan tinggi. Namun, kejadian gerakan tanah yang dipicu gempa memberikan dampak dan karakter yang cukup berbeda yang menarik untuk dikaji secara lebih rinci. Berdasarkan tipe/jenis gerakan tanah akibat gempa menurut Klasifikasi Keefer (2002) dan Cruden dan Varnes (1996), dapat ditemukan bahwa ada empat tipe gerakan tanah di antaranya longsor/*slide*, jatuhnya batu/*rock fall*, pencaran lateral/*lateral spreading* dan tipe aliran/*flow slide*.

a. Tipe Jatuhan Batu

Gempa Bumi Jawa Barat (7.3 SR) terjadi di Samudera Hindia Jawa Barat Bagian Selatan pada tanggal 2 September 2009 pukul 14.55 dengan kedalaman 46,2 km dan terletak pada 7,809° LS dan 107.259° BT, jaraknya sekitar 100 km barat daya Bandung (USGS, 2009). Gempa bumi ini merupakan gempa zona subduksi. Gempa bumi telah terjadi menyebabkan gerakan tanah tipe runtuh batu di kawasan Cikangkareng (Gambar 3). Jatuhan batu tersebut mengakibatkan sedikitnya 27 orang tewas, 25 orang hilang, 4 orang luka-luka dan 14 rumah rusak. Lokasi runtuh bukit batu terjadi pada jarak 57 km LS dari episentrum gempa. Analisis geomorfologi menunjukkan bahwa kawasan ini termasuk dalam daerah perbukitan dan merupakan lembah depresi tebing, yang tidak utuh dan ada blok yang bertumpu pada area tebing (Ahmed et al., 2013) dengan kemiringan hampir vertical (sangat curam). Banyak dijumpai kelurusan dan retakan di sepanjang sisi, mahkota dan lereng utama tanah longsor. Dalam *Peta Geologi Sindangbarang dan Bandarwaru* (Koesmono et al., 1996), longsor yang didominasi oleh talus dan endapan longsor. Pada lereng atas terdapat Formasi Koleberes yang tersusun oleh sedimen Tersier di antaranya batupasir tufa berlapis baik dan tidak terkonsolidasi dengan baik, tufa kristal dengan interkalasi tufa yang memiliki

banyak kekar dan rekahan. Endapan longsor yang dihasilkan berupa endapan talus berupa blok-blok batuan yang runtuh akibat guncangan gempa bumi tersebut bergerak menuruni lereng dengan cara terjatuh dan memantul sepanjang 650 m dan volume material yang dilaporkan sebanyak 1.500.000 m³ (Suranta, 2009).



Gambar 3. Runtuhan batu di Cianjur Selatan, yaitu di daerah Cikangkareng, sebagai dampak Gempa Bumi Jawa Barat (M 7.0) di Samudera Hindia Jawa Barat Bagian Selatan pada 2 September 2009.

b. Tipe Longsor

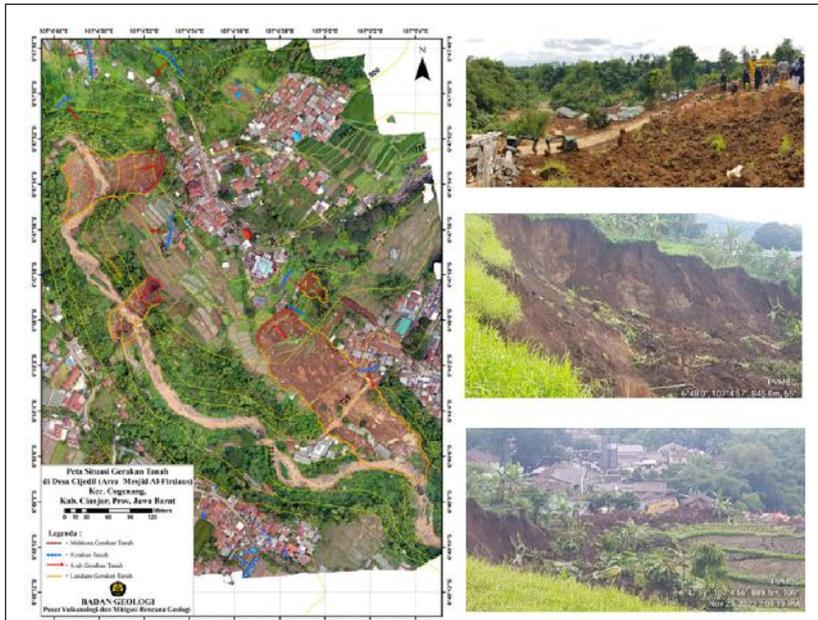
Gerakan tanah tipe longsor terjadi pada lokasi jalur Jalan Cianjur-Cipanas di sekitar Warung Sinta (Gambar 4) dan Area Masjid Firdaus, Desa Cijendil, Kecamatan Cugenang (Gambar 5). Longsor pada jalur ini mempunyai dimensi lebar mahkota 84 m, panjang mahkota 129 m, sementara landaan material longsor mencapai mencapai 347 m dengan tinggi 38 m. Kemiringan lereng pada lokasi ini 18° - 28° dan luas area yang terdampak material gerakan tanah 41.330 m². Retakan-retakan akibat tarikan longsor dan guncangan gempa masih ada di lokasi ini dengan dimensi retakan 2 cm - 10 cm dengan panjang yang bervariasi antara 5 - 25 m (Gambar 4). Gerakan tanah pada lokasi ini merupakan tipe longsor tanah rotasional. Gerakan tanah sangat dikontrol oleh perpaduan ketebalan tanah vulkanik mengandung tufa dan kelerengan yang terjal. Dampak gerakan tanah di lokasi ini diperkirakan 24 orang meninggal karena tertimbun material longsor serta membuat jalur lalu lintas sempit tertutup.

Area Masjid Firdaus Desa Cijendil tidak begitu jauh dari lokasi Warung Sinta, sekitar 500 m ke tenggara. Guncangan gempa bumi di sini mengakibatkan terjadinya gerakan tanah dengan dimensi

lebar mahkota 72 m, panjang landaan mencapai 314 m, tinggi 15 m. Kemiringan lereng pada lokasi ini 16° - 25° dan luas area 18.403 m^2 (Gambar 4). Retakan-retakan akibat tarikan longsoran dan guncangan gempa masih ada di bagian atas mahkota maupun sayap longsoran dimensi retakan 5 cm - 10 cm dengan panjang yang bervariasi antara 5 - 40 m (Gambar 4). Gerakan tanah pada lokasi ini merupakan tipe longsoran tanah rotasional yang terjadi pada bagian area persawahan di bagian atas pemukiman. Gerakan tanahnya sangat dikontrol oleh naiknya tekanan air pori di dalam tanah akibat guncangan gempa sehingga mengurangi kekakuan dan kekuatan tanah. Kondisi tanah yang gembur, lahan pertanian dan jenuh air, ketebalan tanah vulkanik >8 meter dan kelerengan terjal dan dipicu oleh gempa bumi. Dampak gerakan tanah pada lokasi ini diperkirakan 39 orang meninggal akibat tertimbun material longsoran dan runtuhannya bangunan dan puluhan rumah tertimbun dan hancur.



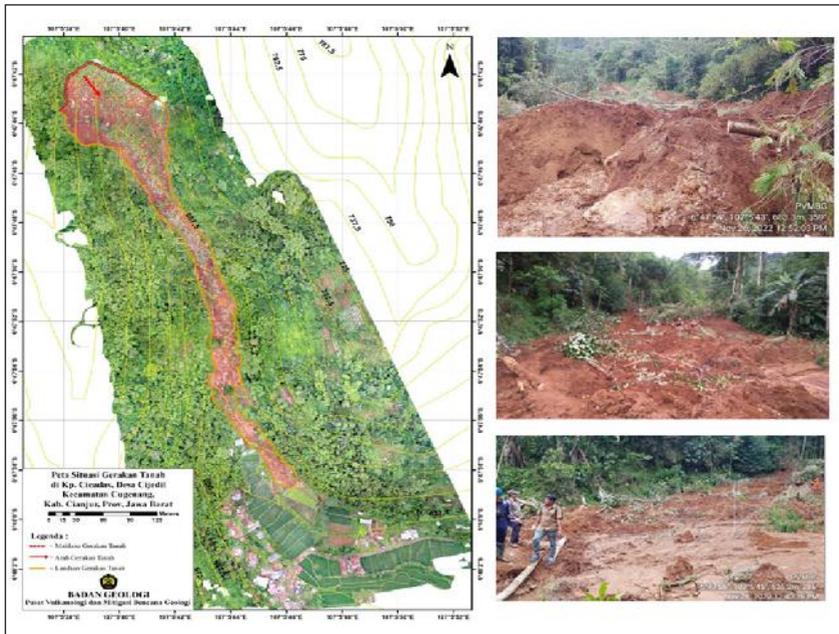
Gambar 4. Gerakan tanah dan pola retakan di sekitar lokasi bencana Warung Sinta.



Gambar 5. Peta situasi gerakan tanah di area sekitar Masjid Firdaus

c. Tipe Aliran

Guncangan gempa bumi juga mengakibatkan terjadinya gerakan tanah tipe aliran di Desa Cicadas, Cugeneng, mengarah ke tenggara dengan dimensi lebar mahkota 84 m, panjang longsoran sekitar 210 m, mencapai landaan mencapai 580 m, tinggi 25 m, kemiringan lereng pada lokasi ini 25° - 35° dan luas area terdampak material longsoran 19.831 m² (Gambar 6). Gerakan tanah pada lokasi ini merupakan tipe aliran tanah sehingga landaan longsoran sangat jauh dengan material tanah yang dominan dan ada sebagian kecil batuan (Gambar 6). Gerakan tanah di lokasi ini juga sangat dikontrol oleh naiknya tekanan air pori di dalam tanah akibat guncangan gempa pada kelereng yang terjal juga melewati alur sungai yang dimanfaatkan masyarakat untuk kolam serta persawahan sehingga material menjadi mudah mengalir. Dampaknya ada 2 orang meninggal karena tertimbun material longsoran dan puluhan hektar sawah dan ladang tertimbun material longsoran.



Gambar 6. Gerakan tanah tipe aliran atau flow slide di Dusun Cicadas

d. Tipe Pencaran Lateral

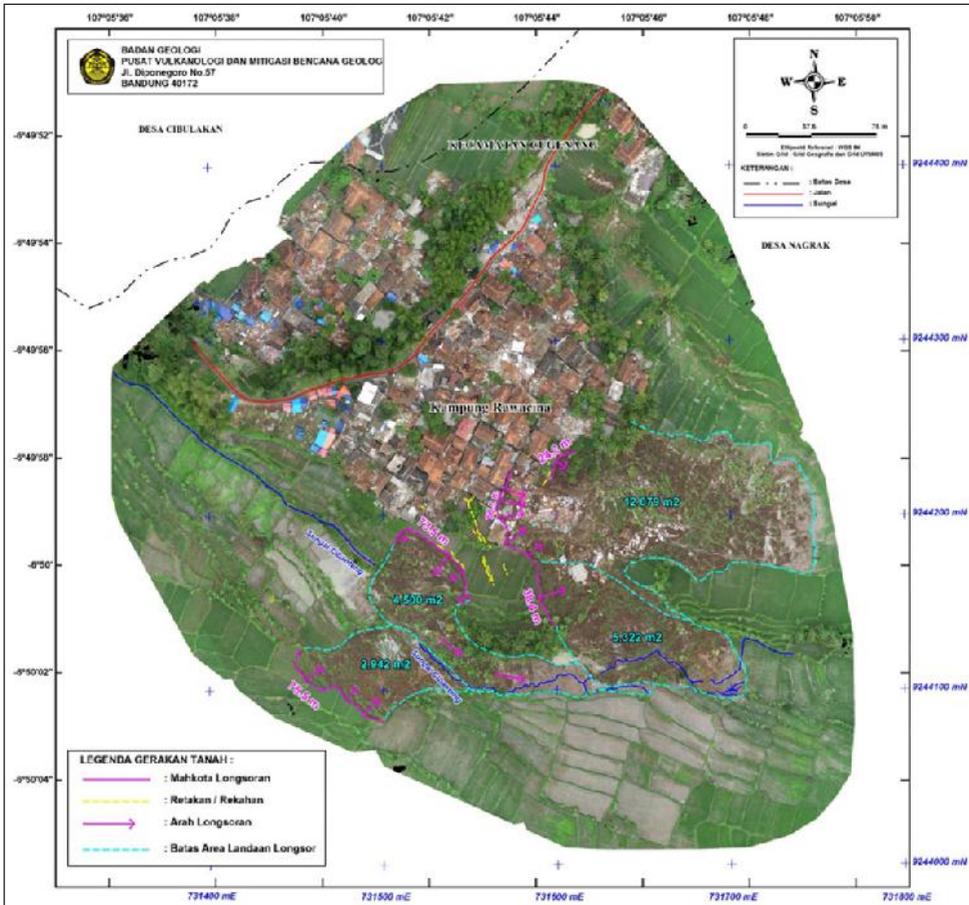
Gerakan tanah tipe pencaran lateral terjadi di Kampung Cisarua, Desa Sarampad, Kecamatan Cugenang dan Kampung Rawacina, Desa Nagrak, Kecamatan Cianjur. Gerakan tanah di Cisarua terjadi di area persawahan dan pemukiman dengan dimensi panjang 69,9 m, lebar 70,2 m, tinggi 2 m dan luas area 3.364 m² (Gambar 7). Gerakan tanah di sini merupakan tipe pencaran lateral (*lateral spreading*), yang dipengaruhi oleh tanah pasir lempungan dengan kontrol naiknya tekanan air pori di dalam tanah akibat guncangan gempa sehingga mengurangi kekakuan dan kekuatan tanah. Pencaran lateral sering terjadi di sepanjang tepian sungai dan di tanah yang gembur dan jenuh, area persawahan. Muka air tanah pada lokasi ini sangat dangkal yaitu berkisar 1.5- 2 m. Struktur pada fondasi dangkal, perkerasan jalan, rumah dan jaringan pipa sangat

rentan terhadap kerusakan akibat pencaran lateral. Dampaknya ada 8 orang meninggal dunia dan banyak rumah rusak dan miring.

Gerakan tanah di Nagrak terjadi di area persawahan di kanan kiri alur sungai. Pergerakan tanah terbagi menjadi 4 sektor pergerakan dengan luas area 24.843 m² (Gambar 8). Gerakan tanah pada lokasi ini merupakan tipe pencaran lateral, yang memang sering terjadi di sepanjang tepian sungai dan di tanah yang gembur dan jenuh (Gambar 8). Bagian selatan dipengaruhi oleh morfologi lereng sungai. Muka air tanah pada di sini sangat dangkal yaitu berkisar 1.5- 2 m. Gerakan di lokasi ini terjadi di bawah pemukiman tetapi belum sempat menarik pemukiman ke bawah. Akibatnya berupa aliran sungai terbedung dan persawahan rusak.



Gambar 7. Gerakan tanah tipe pencaran lateral dan kerusakan bangunan Di Kp. Cisarua, Sarampad



Gambar 8. Gerakan Tanah tipe pencaran lateral di Kp Nagrak, Rawacina yang berdampak pada persawahan

Dengan demikian, runtuhnya Cikangkareng sangat dikontrol oleh kondisi geologi berupa batupasir yang terkekarkan serta kelerengan yang sangat terjal. Gerakan tanah tipe longsoran terjadi pada jalur Jalan Cianjur-Cipanas di sekitar Warung Sinta dan Area Masjid Firdaus mempunyai dimensi lebar dan landaan material longsor yang panjang. Gerakan tanahnya sangat dikontrol oleh perpaduan ketebalan tanah vulkanik mengandung tufa dan kelerengan yang terjal namun demikian berdasarkan jarak dari sumber gempa bumi dan besaran gempa bumi tergolong kecil sehingga bagaimana pengaruh amplifikasi dan *ground acceleration* pada lokasi ini perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Gempa bumi dengan skala 5,6 SR yang menjadi pemicu terjadinya gerakan tanah di Kabupaten Cianjur ini tergolong magnitudo yang kecil. Tetapi menyebabkan beberapa tipe gerakan tanah seperti *flow slide* di Cicadas yang dikontrol oleh kelerengan, meluncur di sepanjang alur dan permukaan teras dan dalam kondisi jenuh. Jarak luncur yang jauh ini perlu penelitian lebih lanjut terhadap material longsonya, karena menimbulkan pertanyaan: apakah memungkinkan terjadinya *sliding surface liquefaction*? Beberapa peneliti terkait kejadian *flow slide* menyatakan adanya *sliding surface liquefaction* yang menyebabkan luncurannya dapat sangat jauh (Yong, dkk 2021, Sassa, dkk 2007).

Demikian juga gerakan tanah di Cisarua dan Rawacina merupakan tipe pencaran lateral (*lateral spreading*). Umumnya gerakan tanah ini dipengaruhi oleh tanah pasir lempungan dengan kontrol naiknya tekanan air pori di dalam tanah akibat guncangan gempa sehingga mengurangi kekakuan dan kekuatan tanah. Pencaran lateral sering terjadi di sepanjang tepian sungai dan di tanah yang gembur dan jenuh.

Akhirnya dapat disimpulkan, gempa bumi yang bersumber dari subduksi dan sesar aktif di Kabupaten Cianjur dapat menyebabkan terjadinya gerakan tanah. Jenis gerakan tanah yang dipicu oleh gempa bumi adalah tipe longsoran, aliran, jatuhan dan pencaran lateral. Penyelidikan lebih lanjut terkait likuefaksi dan karakteristik batuan pada lokasi gerakan tanah di Cijedil, Rawacina, Sarampad,

sangat penting dilakukan. Sebab di lokasi ini kerusakan bangunan sangat banyak dan lereng tidak curam, muka air tanah yang dangkal dan gempa bumi yang terjadi tergolong skala kecil namun dampak atau kerusakan dan gerakan tanah yang ditimbulkan sangat masif. Kejadian gerakan tanah dipicu oleh gempa bumi di Cianjur kerap mengakibatkan banyaknya korban jiwa, sehingga penyelidikan rinci mengenai karakteristik material ketika diguncang gempa bumi, kondisi lokal, morfologi, amplifikasi sangat diperlukan untuk menjawab mengapa gempa bumi skala kecil tapi bisa menyebabkan longsor yang luas.

*Bekerja di Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG)

**Bekerja di Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan (BBSPGL)



Upaya Pengurangan Risiko Gempa Bumi di Cugenang

Oleh: Supartoyo dan Agus Budianto*

“Keberadaan sesar aktif, kondisi morfologi, batuan, dan minimnya upaya mitigasi mengakibatkan besarnya risiko gempa bumi di daerah Cugenang. Oleh karena itu, upaya pengurangan risiko bencana gempa bumi guna mengantisipasi kemungkinan perulangan gempa bumi di masa yang akan datang harus dilakukan”.

Daerah Cugenang, Kabupaten Cianjur, memiliki keindahan alam dan kesuburan tanah yang ditunjang oleh air permukaan yang melimpah. Tanah tersebut merupakan hasil pelapukan gunungapi yang unsur-unsurnya diperlukan oleh tumbuhan. Sayangnya di balik hal itu, Cugenang ternyata menyimpan potensi bencana alam tersembunyi yang dahsyat, khususnya gempa bumi. Kejadian gempa bumi pada tanggal 21 November 2022 dengan magnitudo 5,6 Mw dan kedalaman dangkal merupakan buktinya. Kejadian tersebut mengakibatkan dampak yang sangat besar. Menurut informasi dari media online (<https://news.republika.co.id>) korban mencapai 602 jiwa, ratusan luka-luka dan ribuan rumah mengalami kerusakan.

Pada setiap kejadian bencana alam, selalu ada pelajaran penting yang bisa diambil, demikian kata pepatah dan demikian pula dari kejadian gempa bumi Cianjur. Tulisan ini membahas pelajaran penting yang didapat dari kejadian gempa bumi Cianjur, yaitu

melupakan upaya Pengurangan Risiko Bencana (PRB) gempa bumi, sehingga berdampak besar. Bahan tulisan ini bersumber dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh berdasarkan kegiatan survei lapangan, dan data sekunder berdasarkan dari referensi yang berkaitan dengan kondisi geologi dan potensi gempa bumi daerah Cianjur.

Potensi Bahaya Gempa Bumi Daerah Cugenang

Menurut data Badan Geologi (BG) daerah Cugenang yang merupakan lokasi kerusakan terparah akibat kejadian gempa bumi tanggal 21 November 2022 terletak pada Kawasan Rawan Bencana (KRB) gempa bumi tinggi. Ini mengandung arti bahwa kawasan tersebut berpotensi terlanda guncangan gempa bumi lebih dari skala VIII MMI (Sulaiman dan Omang, 2014). Pengamatan lapangan memperlihatkan bahwa skala intensitas gempa bumi maksimum pada kejadian gempa bumi tanggal 21 November 2022 terjadi di Kecamatan Cugenang yang mencapai skala intensitas VIII MMI. Pada skala MMI VIII bangunan yang tidak dibangun menggunakan konstruksi bangunan tahan gempa bumi akan mengalami rusak berat.

Faktor berikutnya adalah kondisi geologi yang juga turut mempengaruhi tingkat kerawanan gempa bumi daerah Cugenang. Secara umum, daerah Cugenang tersusun oleh morfologi dataran, dataran bergelombang, dan perbukitan bergelombang hingga perbukitan terjal. Daerah bencana terletak pada bagian timur hingga tenggara Gunung Gede, sehingga morfologinya merupakan bagian bawah dari tubuh gunungapi. Morfologi perbukitan tersebut tersusun oleh batuan rombakan gunungapi dan sebagian telah mengalami pelapukan. Hal ini mengakibatkan potensi terjadinya gerakan tanah. Morfologi ini tersusun oleh endapan rombakan gunungapi muda yang tanahnya subur sehingga banyak dimanfaatkan untuk keperluan pertanian. Tebal endapan ini mencapai sekitar 100 m (Sujatmiko, 1972) dan sebagian telah mengalami pelapukan.

Batuan rombakan gunungapi tersebut sangat rawan terhadap guncangan gempa bumi karena bersifat lepas, lunak, urai, belum kompak dan memperkuat efek guncangan gempa bumi. Selain itu terdapat sesar aktif di daerah Cugenang yang bergerak dan mengakibatkan terjadinya gempa bumi tanggal 21 November 2022. Oleh karena itu, daerah ini memang tergolong KRB gempa bumi karena terdapat lokasi sumber gempa bumi (sesar aktif), batuan yang tersusun oleh rombakan gunungapi yang telah mengalami pelapukan dan morfologi perbukitan bergelombang hingga perbukitan terjal.



Gambar 1. Tanah pelapukan batuan rombakan gunungapi (Gambar kiri di Desa Sarampad) ditunjang dengan keberadaan air tanah melimpah (Gambar kanan di Desa Gasol), sehingga menjadi subur.

Minimnya Upaya Mitigasi Gempa Bumi

Menurut Undang Undang (UU) Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. Pengamatan lapangan memperlihatkan bahwa upaya mitigasi gempa bumi di daerah bencana sangat minim, sehingga mengakibatkan dampaknya besar.

Menurut pengamatan penulis ada beberapa faktor yang mengakibatkan besarnya dampak kejadian gempa bumi Cianjur tanggal 21 November 2022, yaitu: adanya sumber gempa bumi dengan kedalaman pusat gempa bumi dangkal, kondisi geologi daerah terdampak, bangunan yang bersifat tidak tahan gempa bumi dan minimnya upaya mitigasi gempa bumi. Daerah Cugenang terletak dekat dengan sumber gempa bumi dalam hal ini sesar

aktif. Hal ini dikuatkan dengan data kedalaman pusat gempa bumi/hiposenter dari stasiun BMKG, USGS Amerika Serikat dan GFZ Jerman yaitu 10 km. Kedalaman 10 km tergolong dangkal dan terletak pada kerak pasti dari sesar aktif. Daerah yang terletak dekat dengan sesar aktif pasti akan lebih rawan karena akan menerima guncangan paling kuat dibanding daerah yang terletak jauh dari sesar aktif. Oleh karena itu, tidak mengherankan bila daerah Cugenang mengalami bencana terparah.

Kondisi geologi daerah terdampak guncangan gempa bumi juga turut memperparah bencana. Jenis batuan daerah terdampak umumnya tersusun oleh endapan Kuartar berupa batuan rombakan gunung api muda (breksi gunungapi, lava, tufa) yang telah mengalami pelapukan dan aluvial sungai. Endapan Kuartar tersebut pada umumnya bersifat lunak, lepas, belum kompak (*unconsolidated*) dan memperkuat efek guncangan. Selain itu, pada morfologi perbukitan bergelombang hingga terjal yang tersusun oleh batuan yang telah mengalami pelapukan, berpotensi terjadi gerakan tanah yang dipicu oleh guncangan gempa bumi kuat. Dari pengamatan penulis nampak banyak bangunan di Kecamatan Cugenang yang dibangun pada tepi lereng dengan tanpa adanya penguatan lereng, sehingga mengakibatkan terjadinya kerusakan hingga bangunan menjadi bergeser. Selain guncangan gempa bumi kuat faktor pemicu lainnya untuk terjadi gerakan tanah adalah curah hujan tinggi.

Faktor selanjutnya adalah minimnya upaya mitigasi gempa bumi. Penduduk yang bermukim dan beraktivitas di daerah bencana khususnya Cugenang sudah lama tidak merasakan guncangan gempa bumi kuat, sehingga melupakan bahwa daerah tergolong rawan gempa bumi. Berdasarkan data katalog kejadian gempa bumi merusak dari Badan Geologi (2014), daerah Cianjur paling tidak pernah mengalami empat kejadian gempa bumi merusak pada tahun 1834, 1844, 1910 dan 1912. Melihat dari dampaknya kemungkinan sumber gempa bumi merusak tersebut dari sesar aktif.

Oleh karena waktu yang sangat lama sehingga kemungkinan masyarakat lupa terhadap kejadian gempa bumi merusak

tersebut, sehingga mereka tidak melakukan upaya mitigasi. Pengamatan lapangan memperlihatkan bahwa kualitas bangunan yang dibangun tidak tahan gempa bumi, pada pemukiman padat dengan jalan/gang kecil hampir tidak ada tempat terbuka untuk evakuasi. Mereka juga sangat jarang memperoleh pengetahuan tentang mitigasi gempa bumi dan hampir tidak pernah melakukan simulasi saat terjadi gempa bumi, sehingga sewaktu terjadi gempa bumi tanggal 21 November 2022 mereka menjadi panik dan tidak tahu ke mana harus mengungsi (evakuasi) dan akhirnya beberapa penduduk tertimpa runtuhnya bangunan.

Meningkatnya Risiko Bencana Gempa Bumi

Definisi risiko bencana menurut Peraturan Kepala (Perka) BNPB Nomor 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana adalah potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu kawasan dan kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta, dan gangguan kegiatan masyarakat. Pada perka tersebut dijelaskan hubungan antara risiko, ancaman atau bahaya, kerentanan dan kapasitas sebagai berikut:

$$\text{Risiko Bencana} = \frac{\text{Bahaya} \times \text{Kerentanan}}{\text{Kapasitas}}$$



Gambar 2. Kerusakan rumah penduduk dengan jalan/ gang kecil dan tidak ada tempat terbuka untuk evakuasi. Gambar kiri lokasi di Desa Cibulakan. Gambar kanan lokasi di Desa Benjot. Kedua desa tersebut terletak di Kecamatan Cugenang.



Gambar 3. Bangunan lantai dua yang tidak dirancang tahan gempa bumi menjadi roboh di Kampung Longkewang, Desa Gasol, Kecamatan Cugenang (Gambar kanan). Kerusakan bangunan terletak pada tepi lereng di Desa Benjot, Kecamatan Cugenang (Gambar kiri).

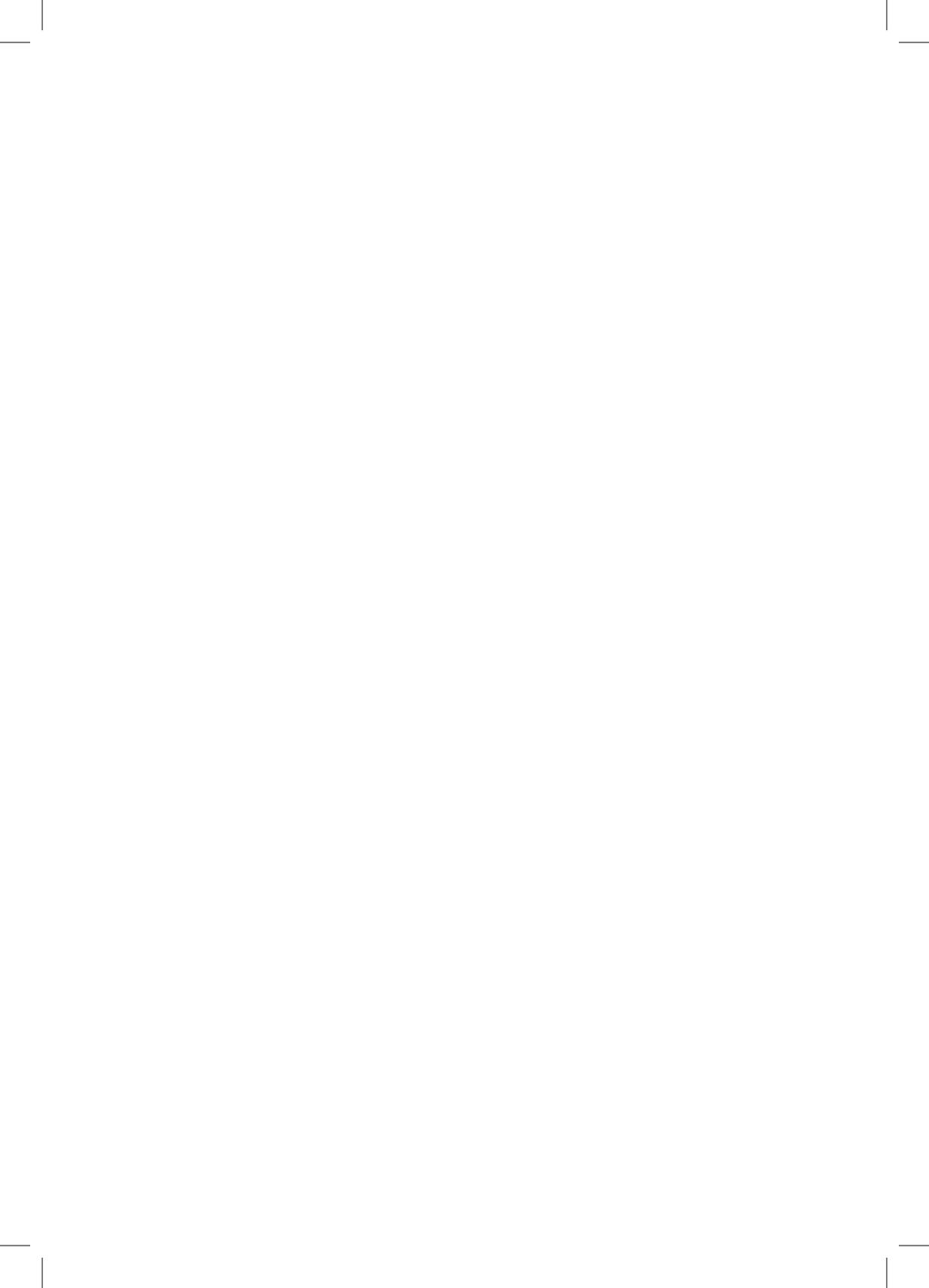
Dari persamaan tersebut terlihat bahwa bahaya bersifat statis, dalam hal ini daerah Cugenang terletak pada KRB gempa bumi tinggi. Kerentanan menurut Perka BNPB merupakan suatu kondisi dari suatu komunitas atau masyarakat yang mengarah atau menyebabkan ketidakmampuan dalam menghadapi ancaman bencana. Dengan adanya tanah subur mengundang konsentrasi orang, dan tentu akan meningkatkan potensi kerentanan. Adapun kapasitas menurut Perka BNPB adalah kemampuan daerah dan masyarakat untuk melakukan tindakan pengurangan. Pengamatan lapangan memperlihatkan bahwa kapasitas di daerah Cugenang sangatlah rendah. Seperti telah dijelaskan pada bagian atas bahwa hampir tidak ada upaya mitigasi bencana gempa bumi yang mengakibatkan rendahnya kapasitas.

Berdasarkan data tersebut, terlihat bahwa besarnya bahaya dan kerentanan di daerah Cugenang tidak diimbangi upaya untuk meningkatkan kapasitas dan pengetahuan masyarakat, sehingga risiko bencana gempa bumi tentu akan besar, dan inilah yang terjadi di Cugenang. Oleh karena itu, tidak ada upaya lain untuk meningkatkan kapasitas guna mengantisipasi kemungkinan berulangnya kejadian gempa bumi bersumber dari sesar aktif di daerah Cugenang pada masa yang akan datang, selain upaya mengurangi risikonya.

Upaya tersebut dapat dilakukan melalui peningkatan upaya mitigasi gempa bumi, penataan ruang dan penguatan regulasi

berkaitan dengan mitigasi bencana di daerah Cianjur. Sudah saat untuk menyusun peraturan daerah tentang mitigasi gempa bumi di Kabupaten Cianjur. Pelajaran penting lainnya adalah bahwa kita dapat belajar dari katalog kejadian gempa bumi merusak sebelumnya, dengan mengetahui wilayah-wilayah mana yang pernah terlanda kejadian gempa bumi merusak tapi sumber gempanya belum teridentifikasi dengan baik, khususnya di wilayah Jawa Barat. Semoga dengan upaya-upaya tersebut risiko kemungkinan perulangan kejadian gempa bumi dapat diminimalisir. Semoga!

**Bekerja di Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG)*



Geologi Tata Lingkungan Pascabencana Gempa Bumi Cianjur

M. Wachyudi Memed, Selasian Gussyak, Eep Ridwan Firdaus
dan Andrikni Wiria Kusumah*

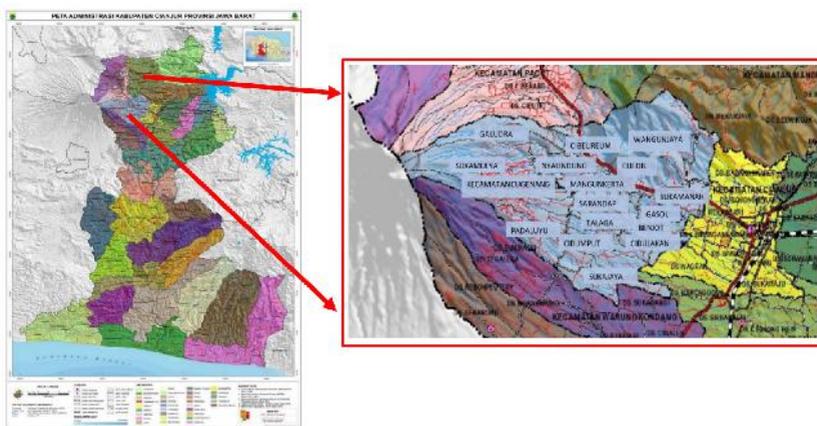
Gempa bumi besar terjadi pada tanggal 21 November 2022 di Cianjur. Episenter gempa berada pada koordinat 6.84 LS – 107.05 dan kedalaman 11 km dengan magnitudo 5,6. Sampai tanggal 26 November 2022, pukul 06.00 WIB, BMKG telah mencatat 259 gempa susulan dengan magnitudo terbesar 4.2 dan terkecil 1.5. Akibat peristiwa ini banyak korban jiwa yang jatuh, demikian pula dengan harta dan benda.

Kejadian tersebut mengingatkan kita pada UU No 26 Tahun 2007 yang menyatakan bahwa secara geografis Negara Kesatuan Republik Indonesia berada pada kawasan rawan bencana, sehingga diperlukan penataan ruang yang berbasis mitigasi bencana sebagai upaya meningkatkan keselamatan dan kenyamanan kehidupan dan penghidupan. Alhasil, bila seluruh atau sebagian besar penggunaan lahan strategis dapat ditempatkan pada daerah aman terhadap bencana geologi, maka jika kejadian bencana geologi yang menyebabkan jatuhnya korban jiwa dan harta benda dapat dikurangi secara signifikan. Sejalan dengan hal itu, beban pemerintah dalam menangani pembiayaan pascabencana

menjadi sangat berkurang (untuk pengungsian, rekonstruksi, rehabilitasi, dan relokasi). Biaya dan upaya pemulihan mental dan psikologis masyarakat yang terkena bencana menjadi lebih ringan, penanganan kriminal pascabencana menjadi lebih ringan, dan kegiatan perekonomian masyarakat lebih mudah dipulihkan.

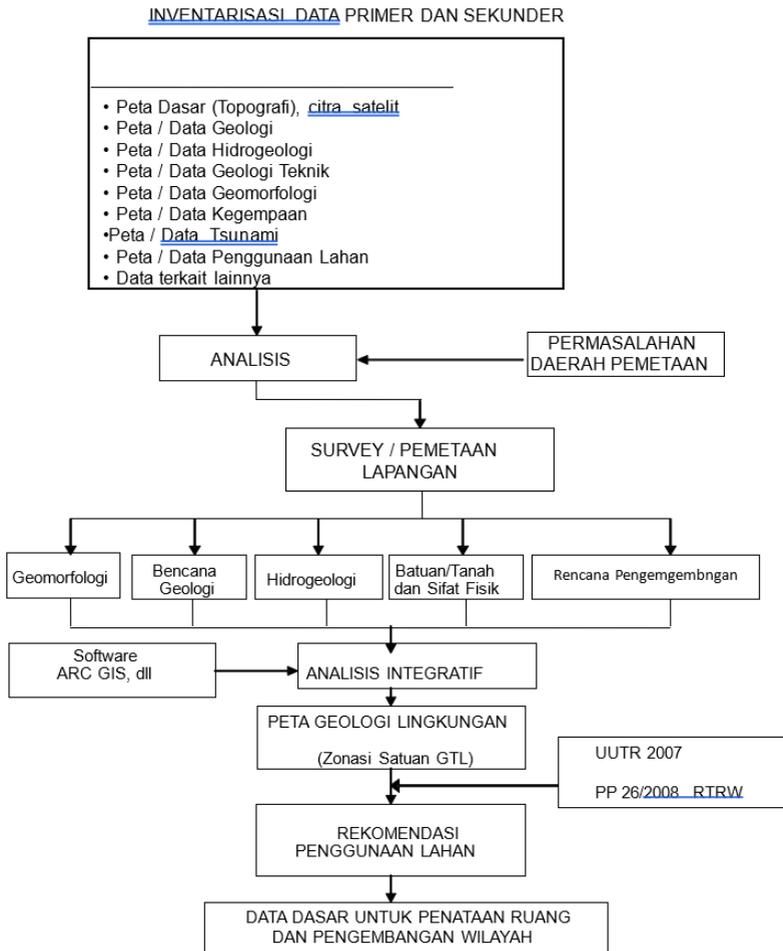
Berdasarkan hal-hal yang telah disebutkan di atas, dipandang perlu untuk melakukan kajian geologi lingkungan di daerah terdampak gempa bumi daerah Cugenang dan sekitarnya agar dapat memberikan rekomendasi dan arahan pemanfaatan lahan berdasarkan kesesuaian lahan yang sesuai dengan aspek geologi lingkungan. Tentunya hal ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi pemangku kepentingan dalam perencanaan pembangunan maupun revisi rencana tata ruang dan wilayah.

Maksud kegiatan ini adalah untuk memperoleh gambaran mengenai karakteristik geologi lingkungan yang meliputi aspek topografi/morfologi, litologi (tanah dan batuan), sumber daya air tanah dan air permukaan, serta kendala geologi. Adapun tujuannya untuk memberikan masukan informasi geologi, baik yang bersifat pendukung maupun sebagai kendala terhadap penyusunan pengembangan perkotaan pasca bencana gempa bumi.



Penyelidikan Geologi Lingkungan

Penyelidikan geologi lingkungan ini mengikuti tahapan kegiatan seperti yang telah dikemukakan di atas, yaitu terdiri atas 4 (empat) kegiatan utama yaitu: Persiapan dan kajian data sekunder, pengumpulan data primer, pengolahan data dan penggambaran peta, penyusunan laporan (Gambar 2).



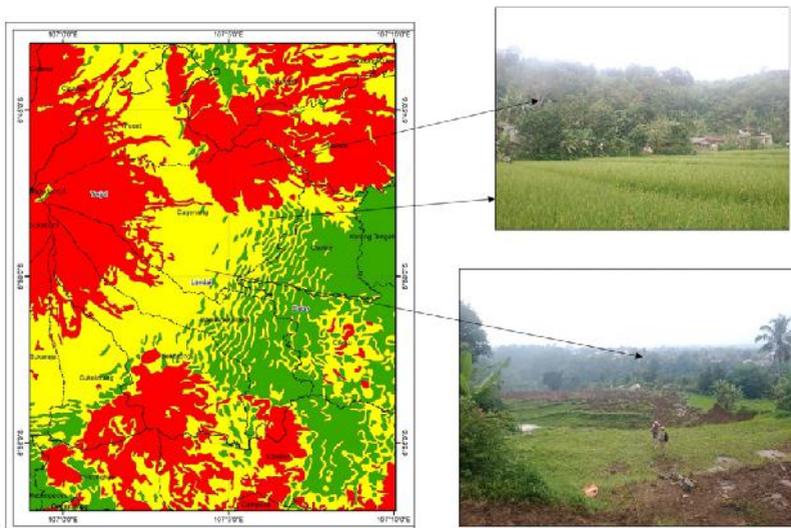
Gambar 2 Bagan Alir Penyelidikan Geologi Lingkungan

Ada tiga komponen yang diselidiki dalam kegiatan penyelidikan geologi lingkungan ini, yaitu sumber daya geologi yang mencakup morfologi, hidrogeologi, kekerasan tanah/batuan; komponen bahaya geologi yang terdiri atas gerakan tanah, kegempaan, rawan bencana gunungapi; dan komponen penyisih geologi yang terdiri atas zona sesar aktif dan kerentanan gerakan tanah tinggi.

Komponen Sumber Daya Geologi

Morfologi

Penyelidikan morfologi dilakukan dengan memperhatikan secara langsung bentang alam (*landscape*) dan dibandingkan dengan hasil interpretasi citra untuk mendapatkan informasi bentuk permukaan lahan yang mencerminkan kondisi satuan bentang alam, tanah/batuan pembentuknya, proses geologi



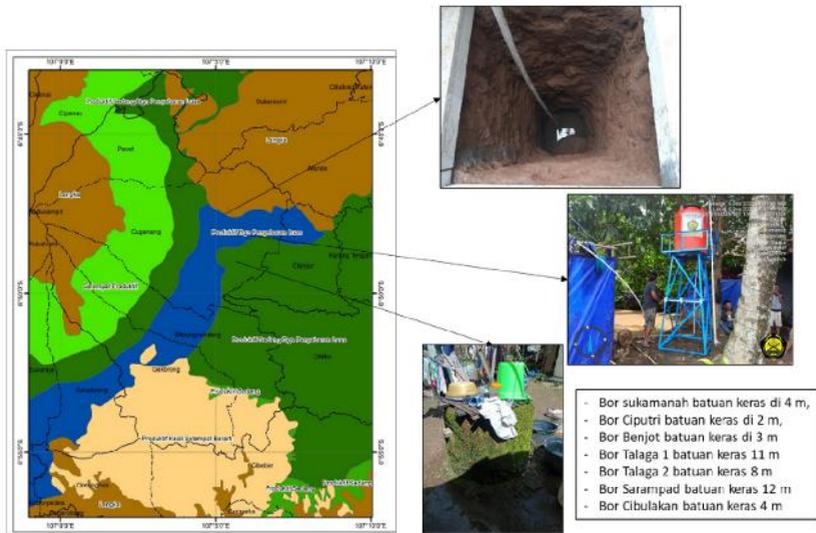
Gambar 3. Peta Kemiringan Lereng daerah Cugenang dan sekitarnya

yang mempengaruhi dan penggunaan lahan (*existing landuse*). Pengelompokan kelas lereng mengikuti cara Maberry (1972) dan Howard A.D. (1978), dengan tujuan untuk berbagai penggunaan lahan dan pembangunan. Satuan–satuan peta tersebut diambil menurut kisaran harga sudut lereng tertentu yang sesuai untuk mencapai maksud pengembangan wilayah, yaitu berturut turut 0-5%, 5-10%, dan >15%.

Dari Gambar 3 terlihat kemiringan lereng terjal berada pada bagian barat laut yang merupakan daerah pegunungan, dan pada bagian utara serta selatan. Kemiringan lereng perbukitan landau dominan terbentuk pada bagian tengah daerah penyelidikan.

Hidrogeologi

Penyelidikan hidrogeologi dilakukan dengan cara pengamatan/pemetaan terhadap kondisi batuan pembawa air (akuifer), termasuk informasi mengenai kedalaman kedudukan muka air

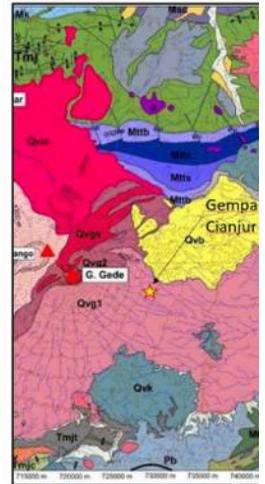


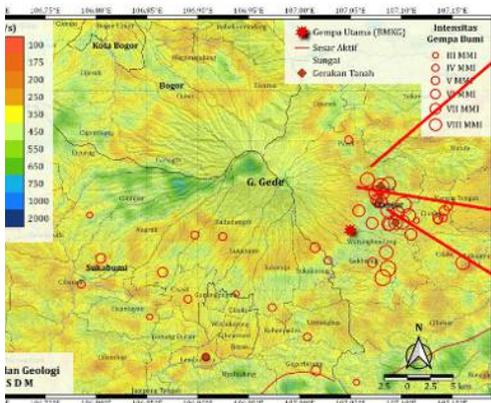
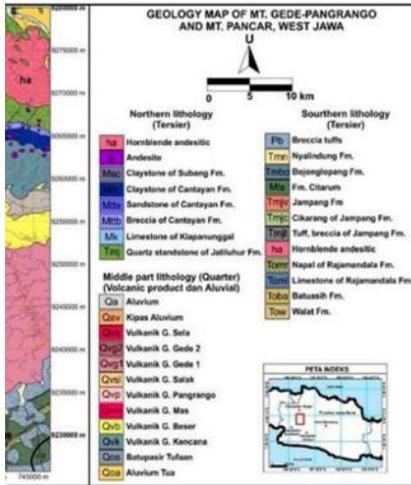
gambar 4. peta hidrologi daerah cugenang dan sekitarnya

tanah dan keberadaan mata air. Dalam hal ini, sebagaimana terlihat pada Gambar 4 di bawah daerah Cugenang dan sekitarnya terbagi menjadi 6 (enam) lapisan akuifer, terdiri dari produktifitas dengan penyebaran luas, produktifitas sedang dengan penyebaran luas, produktif sedang, setempat produktif, produktif kecil setempat berarti dan air tanah langka. Akibatnya ketersediaan air tanah rendah menjadi yang paling luas sebarannya.

Kekerasan Tanah/Batuan

Penyelidikan kekerasan tanah/batuan dilakukan untuk mendapatkan data dan informasi sifat fisik dan keteknikan tanah/batuan penyusun di daerah kajian. Dalam konteks daerah Cugenang dan sekitarnya, pengelompokan kekerasan batumannya didasarkan pada *Peta Geologi skala 1 : 100.000*, *Peta Geologi Teknik* dan *Peta Peta Vs30 Daerah Cianjur dan Sukabumi*. Berdasarkan ketiga peta tersebut dan didukung hasil pengamatan lapangan, daerah Cugenang dan daerah yang terdampak paling parah memiliki kekerasan tanah yang rendah. Hal ini juga didukung dari hasil pemboran bantuan air tanah yang dilakukan pascagempa bumi (Gambar 4), tersaji ketebalan tanah pelapukan 3 – 12 m.

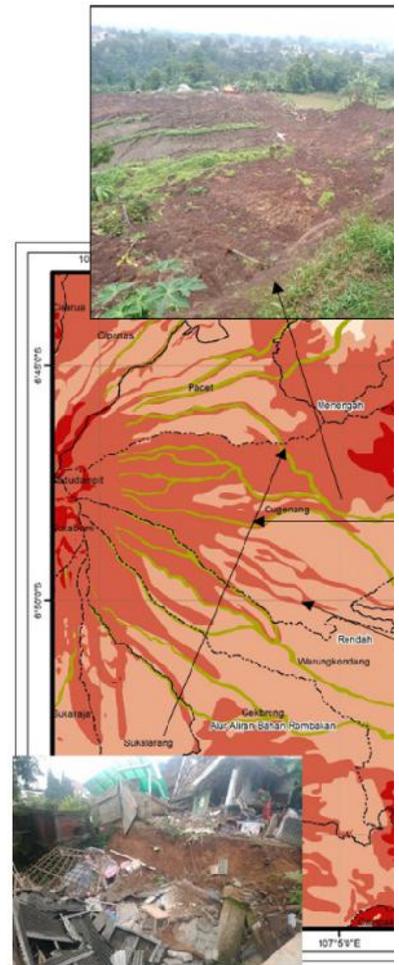


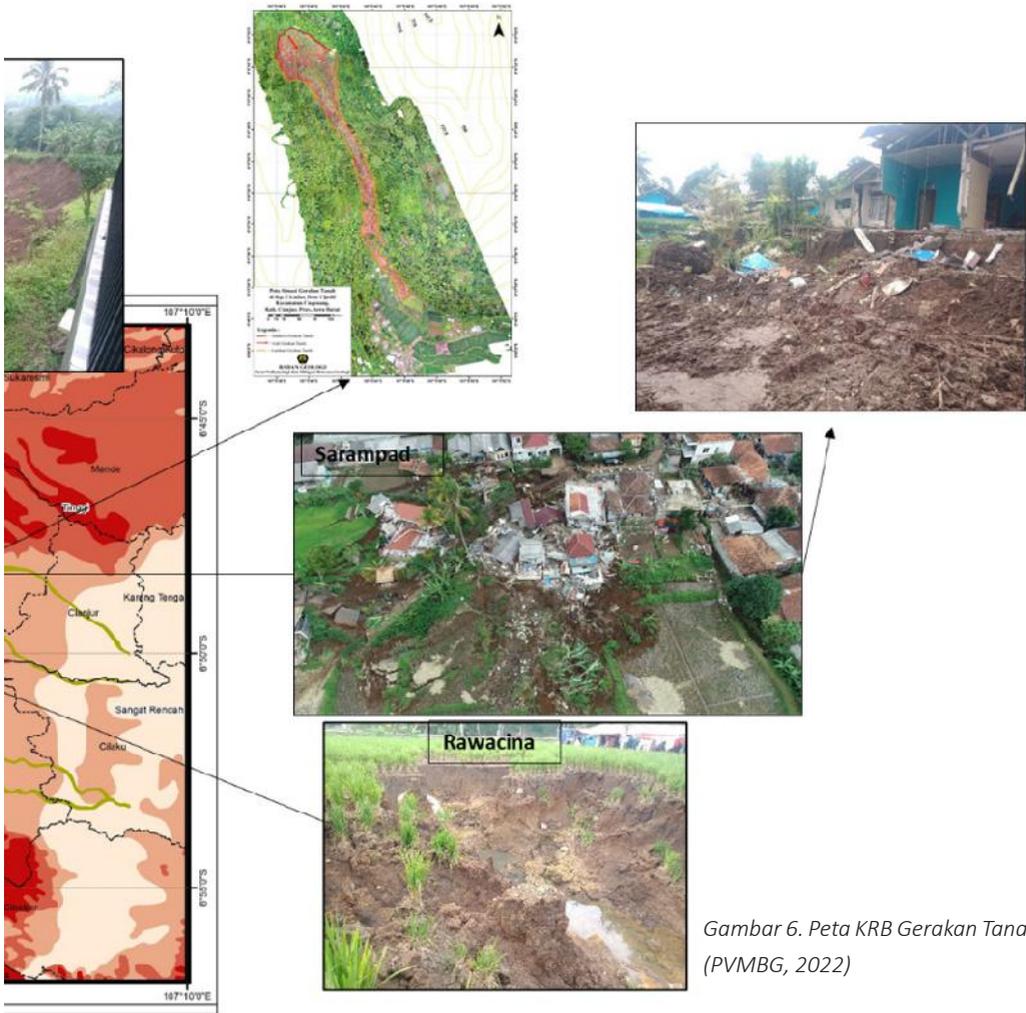


Komponen Bahaya Geologi

Gerakan Tanah

Penyelidikan gerakan tanah dilakukan untuk mengidentifikasi gerakan tanah atau longsor melalui dapat dilakukan secara langsung di lapangan yaitu dengan mengidentifikasi gejala-gejala terjadinya gerakan tanah seperti: retakan tanah, longsor pada tebing, dan rayapan tanah. Berdasarkan Peta KRB Gerakan tanah daerah Cugenang dan sekitarnya terbagi menjadi 5 satuan, terdiri atas Zona Gerakan Tanah Tinggi, Menengah, Rendah, Sangat Rendah dan Bahaya Aliran Rombakan.

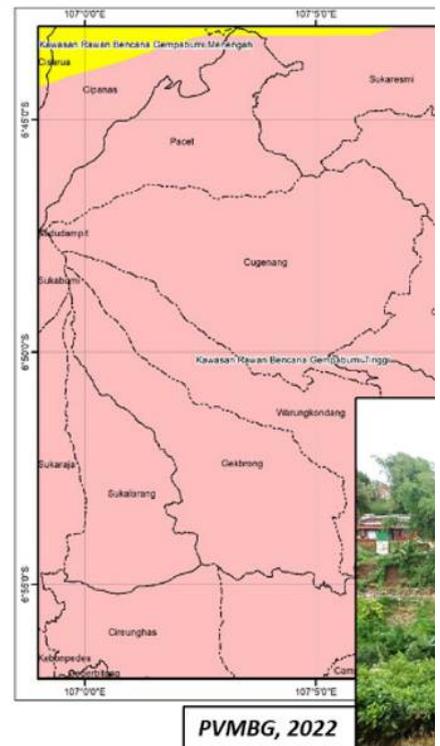


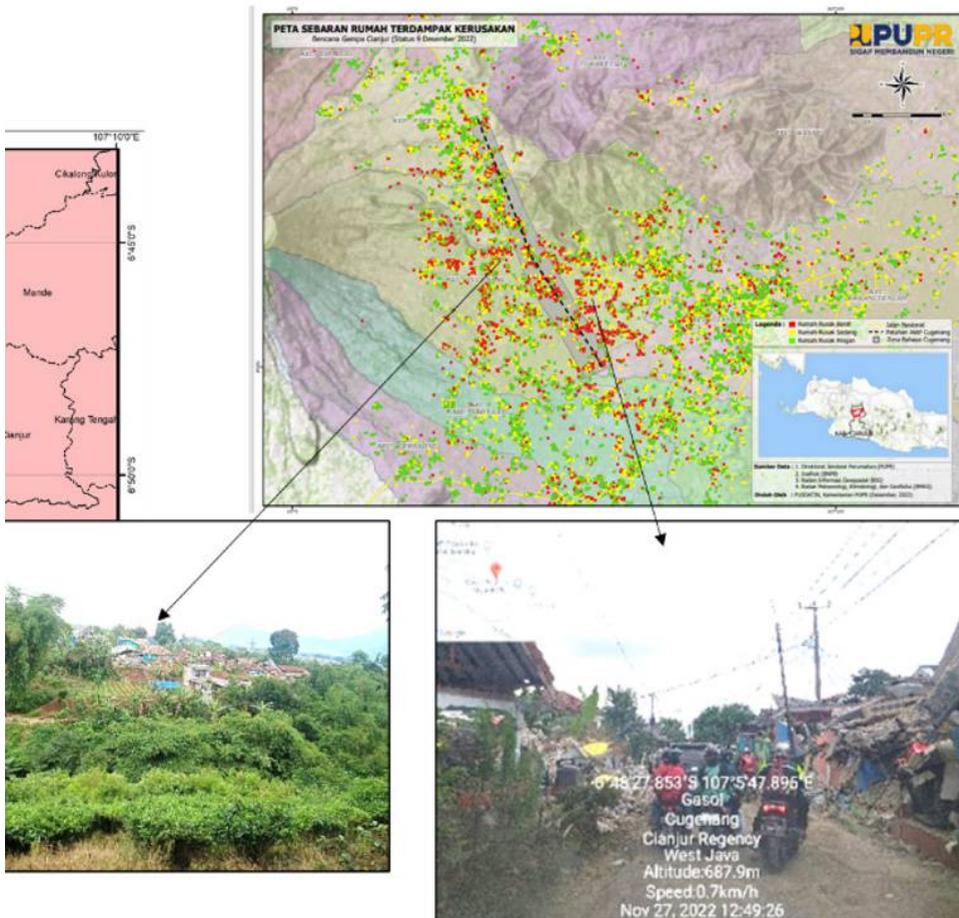


Gambar 6. Peta KRB Gerakan Tanah (PVMBG, 2022)

Kegempaan

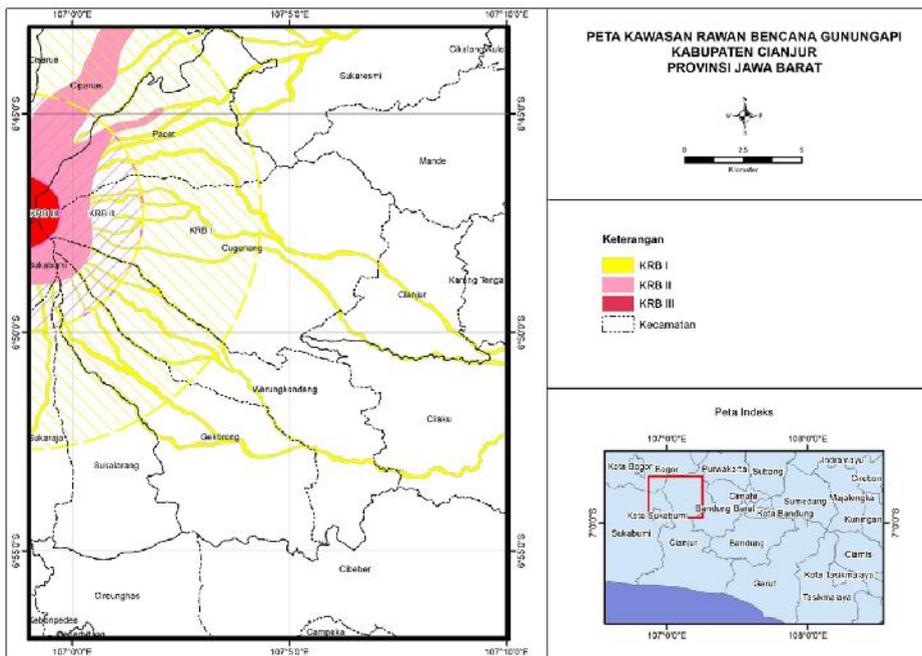
Penyelidikan kegempaan bersumber dari informasi kegempaan dari instansi terkait. Untuk keperluan analisis data gempa terbagi berdasarkan angka MMI (*Modified Mercalli Intensity*), percepatan gempa (α) dan besaran angka *Richter*. Berdasarkan Peta KRB Gempa Bumi daerah Cugenang dan sekitarnya berada dalam KRB Gempa Bumi Tinggi (Gambar 6)





Gambar 7. Peta KRB Gempa Bumi (PVMBG, 2022)

Rawan Bencana Gunungapi



Komponen Penyisih Geologi

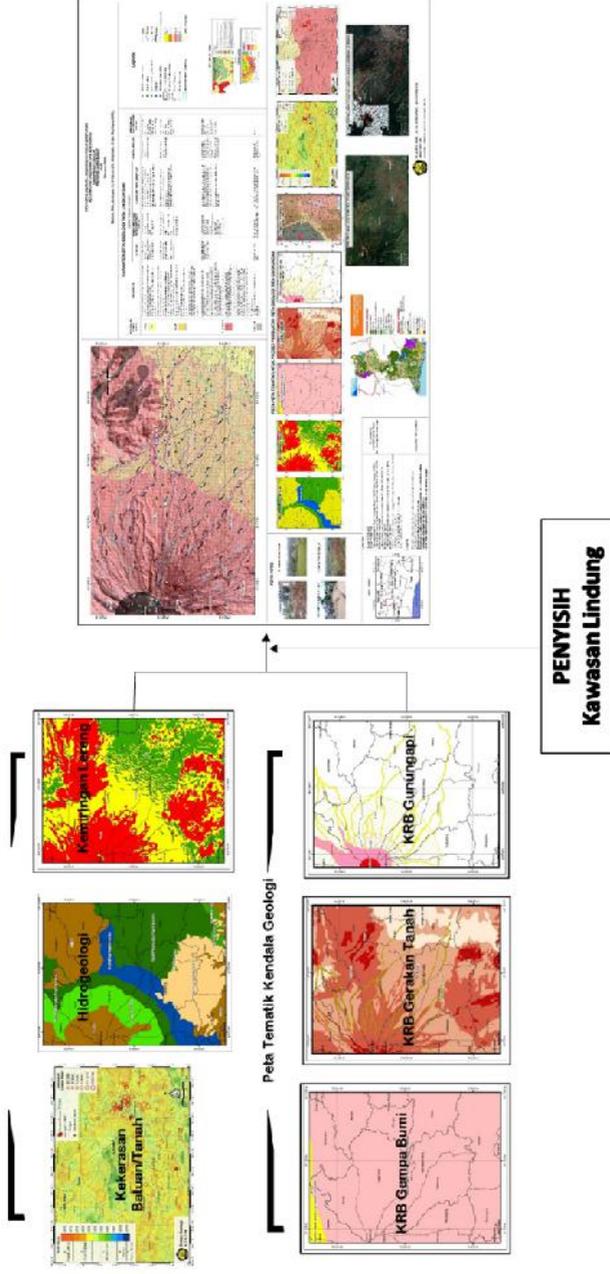
Zona Sesar Aktif

Struktur sesar aktif adalah pematahan atau pergerakan sebagian kecil hingga suatu blok besar massa kerak bumi akibat gaya kompresi dan gaya tarik yang dipengaruhi oleh pergerakan tektonik yang terjadi pada Kala Holosen (11.000 tahun yang lalu) hingga sekarang. Untuk mendapatkan informasi sesar aktif tersebut selain dari instansi terkait yaitu Pusat Survei Geologi.

Kerentanan Gerakan Tanah Tinggi

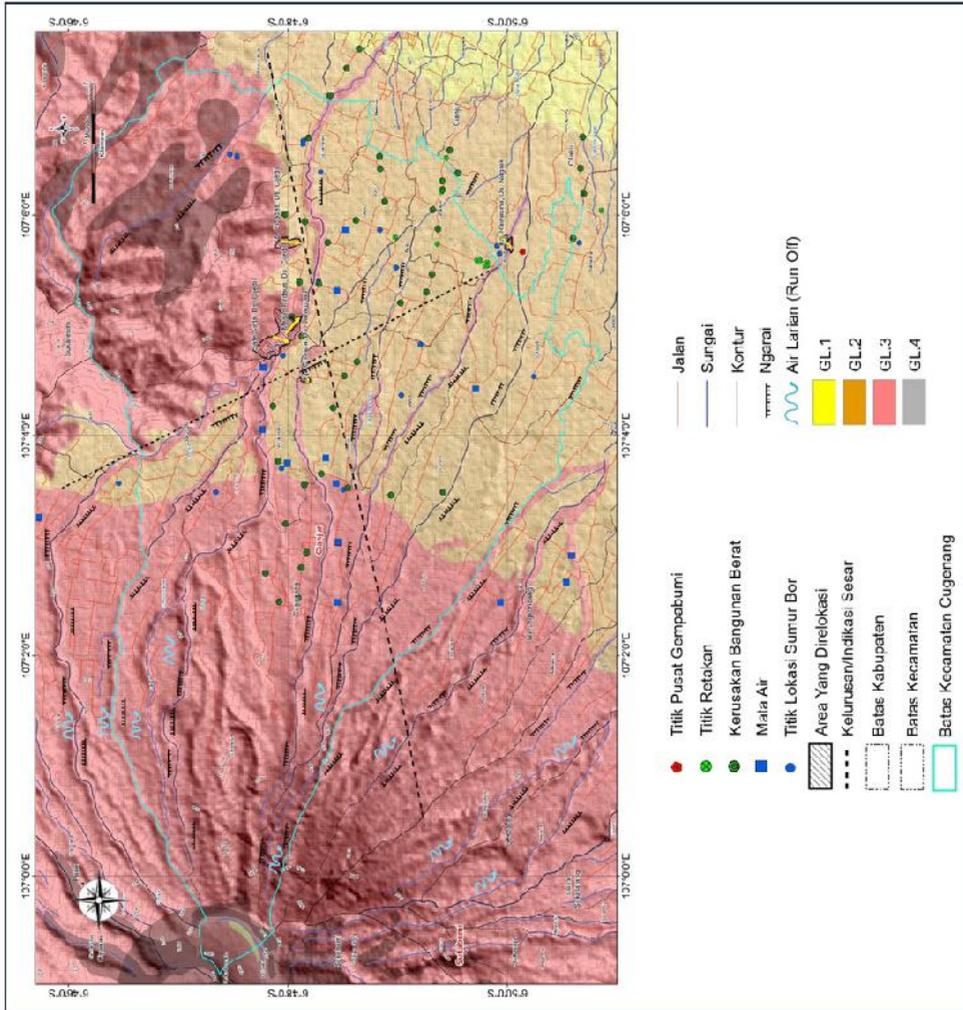
Penyelidikan kerentanan gerakan tanah tinggi berupa pengamatan gejala gerakan tanah yang akan dilakukan di lapangan terutama di daerah-daerah berkemiringan lereng curam dengan batuan yang memiliki karakteristik tertentu terhadap aspek kelongsoran.

Peta Geologi Tata Lingkungan Untuk Penataan Ruang, Kecamatan Cugenang dan sekitarnya



PENYISIH
Kawasan Lindung

Gambar 6. Alur tumpang susun penyusunan Peta Geologi Tata Lingkungan



KESESUAIAN LINTAS SINTEK	REKOMENDASI	AIR TANAH	FAKTOR PENDUKUNG BENTUK PERMUKAAN BUMI LERENG	KEKERASAN TANAH DAN BATAUAN	KENDALA GEOLOGI	PENGGUNAAN LAHAN DIENSTING DOMINAN
Sedang	<ul style="list-style-type: none"> - Pola ruang berdasarkan perencanaan bencana geologi dan sumber daya geologi. - Boleh dipalakan kawasan budidaya, namun tetap mengikuti kontrol pembangunan lahan dengan harmoni yang tidak saling, siapa mevalensi siapa dilakukan penguatan - Hindari bangunan imbuh karena muka air tanahnya dangkal 	<ul style="list-style-type: none"> - Ketersedian air tanah sedang sd tinggi - Muka Air Tanah (MAT) antara 0,5 – 7 m - Kualitas: tanah tidak 	<ul style="list-style-type: none"> - Geomorfologi pedataran sd landai - Elevasi sekitar 325 – 500 msl - Kemiringan 0 – 4% 	<ul style="list-style-type: none"> - Tanah Lempa lanau, ketebalan 0,5 – 2 m, (kekawatirannya sedikit) - Bekas cekung endosit (kekasaman menengah) - Batuan gunungapi muda Gunung Gede, breks vulkanik sebagai bedrock, keras, fragmen batuan bekat 	<ul style="list-style-type: none"> - KRB Gerakan tanah rendah - KRB Gerakan bumi tinggi - Tidak perlu dilakukan tanah 	<ul style="list-style-type: none"> - Kawasan budidaya antara lain: pertanian, perikanan, perkebunan, wisata, industri, sawah, Kertan (tanaman silang)
Rendah	<ul style="list-style-type: none"> - Pola ruang berdasarkan mitigasi bencana geologi dan sumber daya geologi - Disarankan pengaparan pemukiman rendah dan atau menghindari kawasan lereng Dataran Rendah (DRH) - Ruang terbuka hijau, resapan air, tanggul dan penanaman, pebatkan drainase dan jalur evakuasi - Hindari pembangunan karena kuat aksasi, truk bolak-balik dan bus - Bangunan yang lebih ada, agar dicat ulang dan dicat ulang dengan warna putih - Hindari melakukan pekerjaan di atas tanah patitan utama yang sudah dicorok catatan maka cukup dengan standar tanah gempu dan rekayasa teknik pada lapisan di atas 	<ul style="list-style-type: none"> - Ketersedian air tanah rendah sd sedang (tempat keluar mata air) - Muka Air Tanah (MAT) antara 10 – 30 m 	<ul style="list-style-type: none"> - Geomorfologi pinggirannya gundukan landai – agak terjal - Elevasi sekitar 100 – 150 msl - Kemiringan 5 – 15% - Kalsinasi permukaan 	<ul style="list-style-type: none"> - Tanah Pasir lempungan, lempung lanau, gambut (kekasaman rendah-sedang), lapil, ketebalan 2 – 5 m - Batuan gunungapi muda Gunung Gede, breks vulkanik sebagai bedrock, keras fragmen batuan bekat 	<ul style="list-style-type: none"> - KRD Gerakan tanah menengah - KRD Gerakan bumi tinggi - Tidak perlu dilakukan tanah 	<ul style="list-style-type: none"> - Kawasan budidaya antara lain: pemukiman, pelepasan, wisata sawah, kebun dan Ladang
Sangat Rendah	<ul style="list-style-type: none"> - Pola ruang berdasarkan mitigasi bencana geologi dan sumber daya geologi - Disarankan untuk ruang terbuka hijau (konservasi) - Pemukiman yang tidak ada yang dikawatirkan karena kuat dan tidak disalurkan untuk dikembangkannya dan membangun infrastruktur vital, namun jika akan dikembangkan harus ada kawatirannya galian dan rekayasa untuk cara seperti penguatan dengan jilid rekayasa - Disarankan penguatan pemukiman sangat rendah dan atau mengikuti aturan Koderien Desir - Pemukiman dan infrastruktur vital pada daerah rendah, karena daerah tersebut merupakan daerah rawan bencana - Monitoring pada air sungai yang berpotensi terjadinya banjir bencana - Pencilan drainase 	<ul style="list-style-type: none"> - Ketersedian air tanah rendah sd tinggi (tempat keluar mata air) 	<ul style="list-style-type: none"> - Geomorfologi lembah, rapuh, gundukan perbukitan terjal, gundukan - Elevasi 225 msl sampai puncak kawah - Kemiringan > 11% - Tebuk lereng - Kelembaban permukaan 	<ul style="list-style-type: none"> - Tanah Pasir lempungan, lempung lanau, gambut (daya dukung rendah) ketebalan > 5 m - Batuan gunungapi muda Gunung Gede, breks vulkanik sebagai bedrock, keras, fragmen batuan bekat - Batuan gunungapi tua, batuan aser, tuf dan breks vulkanik koras 	<ul style="list-style-type: none"> - KRB Gerakan tanah menengah, tidak perlu longgaran, dan gerakan tanah akibat proses kalsifikasi - KRB Gerakan bumi tinggi - Tidak perlu dilakukan tanah 	<ul style="list-style-type: none"> - Kawasan budidaya antara lain: pemukiman, pelepasan, wisata sawah, kebun, Ladang, hutan
Tidak Layak	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak layak dikembangkan untuk pemukiman permukiman - Daerah konservasi 	<ul style="list-style-type: none"> - Ketersedian air tanah sangat rendah 	<ul style="list-style-type: none"> - Kawasan perbukitan terjal, gundukan - Elevasi 225 msl sampai puncak kawah - Kemiringan > 11% - Tebuk lereng - Kelembaban permukaan 	<ul style="list-style-type: none"> - Lava, Tanah Pasir lempungan, lempung lanau, lapil, (daya dukung rendah) ketebalan > 5 m 	<ul style="list-style-type: none"> - KRB Gerakan III - KRB Gerakan Tanah Tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> - Hutan

Rekomendasi Geologi Tata Lingkungan

Produk akhir dari penyelidikan geologi tata lingkungan ini adalah penyusunan *Peta Geologi Tata Lingkungan* dengan melakukan tumpang susun semua parameter di atas, dan Peta Kesesuaian lahan untuk Rekomendasi Penggunaan Lahan Wilayah Pasca Bencana Gempa Bumi Cianjur merupakan hasil analisis (*expert adjustment*) terhadap Peta Geologi Tata Lingkungan. Dari peta tersebut diketahui bahwa daerah Cugenang dapat dibagi menjadi 4 (empat) zona kesesuaian lahan tinggi, menengah rendah dan tidak layak. Pada Gambar 6 di bawah ini, direkomendasikan agar warga terdampak direlokasi ke 3 (tiga) daerah yang meliputi 2 (dua) lokasi di Desa Cijedil dan 1 (satu) lokasi pada Desa Sarampag.

*Bekerja di Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan (PATGTL)

Build Back Better and Safer

Penataan Pemukiman Relokasi Berbasis Aspek Kebencanaan Akibat Gempa Bumi Cianjur

Anjar Heriwaseso, Sumaryono, Novie N. Afatia, M. Nizar Firmansyah, Yohandi Kristiawan, Sony Mawardi, Godwin Latuputty, Ginda Hasibuan, Muhammad Agung Akrom Fahmi, Taufiq Wira Buana*

"Badan Geologi terlibat dalam melakukan pemilihan dan penetapan lokasi berkonsep build back better and safer. Konsep pengembangan pengurangan risiko merupakan perubahan paradigma dalam mitigasi bencana dalam upaya dalam mendukung pembangunan yang lebih tangguh atas ancaman bahaya geologi".

Pemulihan pascabencana seringkali mengarah ke relokasi masyarakat, dengan gagasan bahwa rencana dan implementasi yang dirancang dengan baik akan meningkatkan ketahanan. Relokasi yang menjauh dari bahaya akan mengurangi risiko kehancuran di masa depan, tetapi relokasi telah lama menjadi pilihan kebijakan yang paling tidak disukai baik oleh pemerintah dan pemerintah daerah karena biayanya mahal maupun dari sudut pandang masyarakat yang kerap dirugikan dan enggan karena jauh. Relokasi sering mengganggu jaringan sosial dan kesejahteraan ekonomi mereka, sehingga membuat mereka semakin terjerumus ke dalam kemiskinan.

Konteks "*Build Back Better and Safer*" rekonstruksi pascabencana merupakan upaya untuk membangun kembali wilayah yang terkena dampak bencana dengan standar yang lebih tinggi dalam hal keamanan dan ketahanan terhadap ancaman geologi. Kondisi geologi yang kompleks dan beragam dapat memperburuk dampak bencana dan mengancam keselamatan masyarakat. Oleh karena itu, perencanaan dan implementasi rekonstruksi yang mempertimbangkan aspek geologi menjadi sangat krusial. Salah satu tantangan utama dalam merespon bencana adalah bagaimana membangun kembali wilayah yang hancur dengan cara yang lebih aman dan lebih tahan terhadap ancaman bencana geologi di masa mendatang. Dalam konteks rencana tata ruang berdasar UU No. 26 Tahun 2007 tentang penataan ruang berbasis mitigasi bencana mengutamakan tempat yang lebih baik dan berkelanjutan. Zonasi kerentanan dan bahaya geologi harus mempertimbangkan potensi ancaman dan regulasi pembangunan harus juga memastikan bahwa infrastruktur, fasilitas dan bangunan memenuhi standar ketahanan geoteknik yang ketat.

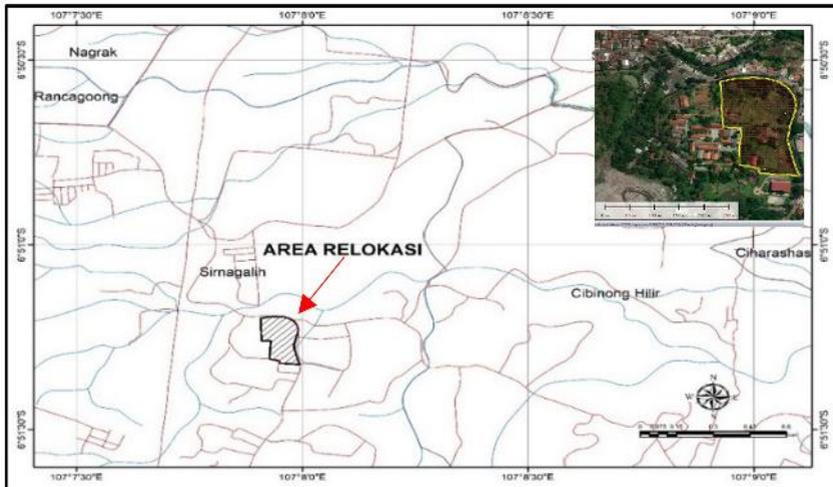
Setelah peristiwa Gempa Cianjur 5.6 Mw dengan kedalaman 10 km pada 21 November 2022 berdampak kerusakan bangunan pada 16 kecamatan, 169 desa/kelurahan dan mengakibatkan 321 korban jiwa, Pemerintah Provinsi Jawa Barat menerbitkan Surat Keputusan Gubernur Jawa Barat nomor 362/Kep.738-BPBD/2022 mengenai status tanggap darurat bencana alam gempa bumi di Daerah Kabupaten Cianjur dan Daerah Kabupaten Bogor. Kemudian disusul Surat Keputusan Bupati Cianjur nomor 360/KEP.407-BPBD/2022 tentang Petunjuk Taknis Pelaksanaan Bantuan Stimulan Perbaikan Rumah Rusak yang terdampak bencana gempa bumi di Kabupaten Cianjur. Keputusan tersebut mengakusisi lahan di Desa Sirnagalih, Cilaku seluas 2,5 ha yang akan dibangun 200 rumah, lokasi kedua di Desa Mulyasari, Kecamatan Mande akan dibangun 151 unit di atas lahan seluas 1,9 Ha, dan sisanya akan ditempatkan pada lahan pemerintah di Kecamatan Pacet.

Calon Lahan Relokasi

Penyelidikan calon lahan relokasi menggunakan beberapa metode, seperti pengamatan, pengambilan data dan pemeriksaan lapangan, analisa geologi teknik, analisis air tanah/ hidrogeologi, geologi lingkungan dengan peralatan pendukung seperti perangkat lunak analisis pemodelan, geolistrik, dan drone pemetaan.

1. Lokasi Calon Lahan Relokasi di Desa Sirnagalih, Kecamatan Cilaku

Calon lahan relokasi pertama berada di Dusun Pasir Sembung, Desa Sirnagalih, Kecamatan Cilaku, yang secara geografis terletak pada koordinat $06^{\circ} 51' 18,9''$ LS dan $107^{\circ} 57,4''$ BT dengan ketinggian 493 meter dpl (Gambar 1). Pengamatan pada survei awal daerah relokasi ini memiliki kontur yang sedang dan berdekatan atau lokasinya berada pada bagian timur laut dari Tempat Pembuangan Sampah (TPA) Pasir Sembung, sehingga adanya kemungkinan risiko pencemaran air tanah dari sampah TPA tersebut terhadap sistem akuifer di lokasi rencana relokasi tersebut. Selain menggunakan SNI Gerakan Tanah 13-6982.1-2004, penyelidikan ini juga mempertimbangkan SNI 03-3241-1994 tentang Tata Cara Pemilihan Lokasi Tempat Pembuangan Akhir Sampah. Dalam SNI ini kriteria pemilihan lokasi TPA sampah harus memperhatikan kondisi geologi. Area lahan relokasi terpilih merupakan lahan kosong berupa lahan kebun terbatas yang sebagiannya merupakan semak berukar. Area rencana relokasi ini berada dipinggir jalan Cianjur-Cibeber yang berjarak sekitar 4,0 km dari pusat Kota Cianjur. Lahan calon relokasi berbentuk L dengan luas 2,46 Ha (Gambar 2).



Gambar 1. Area Relokasi Hunian Tetap Desa Sirnagalih Kec. Cilaku Kab. Cianjur

Secara umum calon lahan relokasi berada pada punggung perbukitan bergelombang rendah-menengah dengan kemiringan bervariasi landai – agak curam $1-15^{\circ}$. Secara umum bentuk lereng beragam dengan topografi kerapatan rendah, perbedaan tinggi paling tinggi mencapai

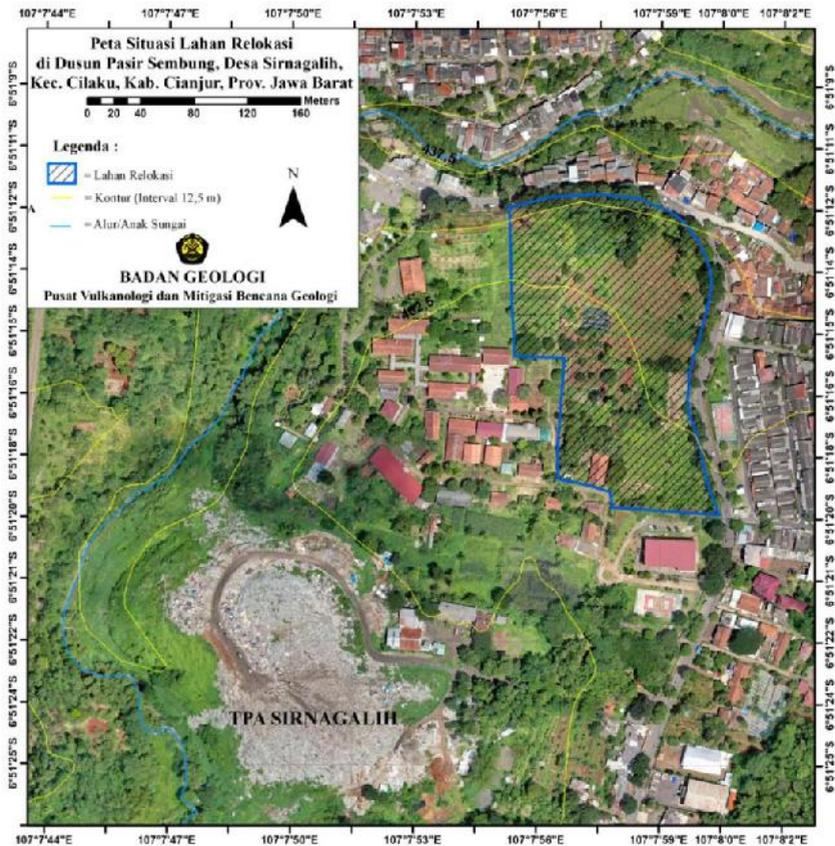
22 m. Arah kemiringan lereng dominan ke utara menuju lembah Sungai Cibinong yang mengalir di utara area calon relokasi. Lereng calon lahan relokasi didominasi kelerengan landai 1-5°. Secara setempat lebih agak curam pada bagian utara dan timur laut berbatasan dengan tebing jalan Cianjur-Cibeber, dan lembah sungai Cibinong. Daerah calon lahan relokasi berada pada ketinggian 475-500 mdpl.

Ditinjau dari sisi geologi, lahan calon lokasi tersusun atas tanah hasil pelapukan batuan produk gunungapi berupa tanah lempungan berwarna coklat, bersifat plastis dan agak kaku. Kemiringan lahan sekitar 10° dibagian selatan dan kemiringan lahan sedikit lebih besar dibagian utara yaitu antara 15° – 20° (Gambar 3, 4 dan 5). Berdasarkan berdasarkan *Peta Geologi Hasil Interpretasi Inderaan Jauh Skala 1 : 50.000* (Pusat Survei Geologi-Badan Geologi), daerah calon relokasi berada pada breksi dan endapan lahar Gunung Gede (Qyc) (Gambar 6).

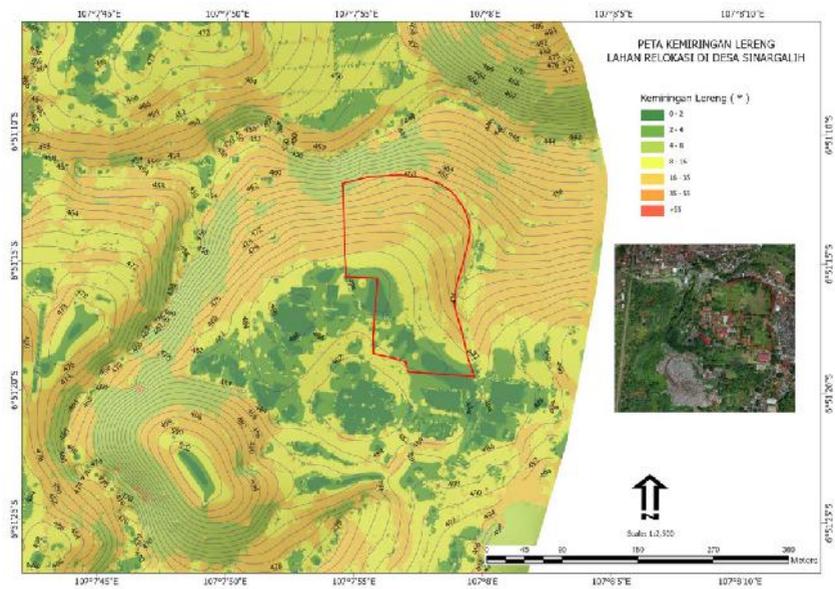
Tanah pelapukan dari pada area calon lokasi relokasi tebal 1 – 22 meter meter dengan profil tanah menunjukkan dari humus, horizon A (top soil) dengan Daya tekan < 1 Kg/cm² (Penetrometer) berwarna coklat kemerahan, horizon B (sub soil) dengan warna coklat tua sangat tebal hingga bagian lereng dan tepi jalan. Tanah pelapukan bersifat urai dan lepas terutama pada batas tebing terbuka, dan kering serta mudah diinfiltrasi oleh air ataupun akar tumbuhan (Gambar 7a). Lapisan horizon C lapukan breksi berwarna coklat dengan fragmen lava 0,8-1 meter yang memiliki Daya tekan > 2 Kg/cm², beberapa tempat terlihat lapukan lava berwarna coklat muda dengan karakteristik mengulit bawang. Batuan dasar *fresh* (masih belum lapuk) lava tidak ditemukan lokasi, hanya terdapat pecahan lapisan lava pada dasar Sungai Cibinong (Gambar 7b). Berdasarkan hasil pengamatan di area sekitarnya terlihat singkapan breksi terlapukkan dibagian dasar sungai yang berada di seberang jalan yang membatasi lokasi huntap di sisi utara (Gambar 7c). Sungai tersebut memiliki gawir (tebing sungai) yang cukup terjal. Estimasi ketinggian lahan Huntap Sirnagalih sekitar 25 – 30 m di atas permukaan sungai.

Gambar 8 memperlihatkan situasi dari area huntap Sirnagalih ke arah aliran sungai di seberang jalan (atas) dan ilustrasi ketinggian dan kemiringan lahan Huntap Sirnagalih terhadap alur sungai (bawah). Aliran sungai bersifat permanen sehingga diperkirakan aliran air bawah tanah mengalir menuju tubuh sungai (*effluent*). Berdasarkan informasi

masyarakat setempat, diduga keberadaan air tanah cukup dalam (estimasi kedalaman > 10,0 m). Pola pengairan alur sungai dengan jenis dendritik dengan tingkat erosi yang tinggi. Sungai Cibinong sebagai sungai utama menunjukkan bentuk lembah / alur terbuka dewasa berbentuk U. Petensi erosional tinggi dapat terjadi jika terjadi hujan yang lama, sehingga perlu dilakukan penataan baik dari aliran permukaan maupun dari pembuangan limbah calon permukiman.



Gambar 2. Peta Situasi Calon Lahan Relokasi di Dusun Pasir Sembung, Sirnagalih, Kecamatan Cilaku, Kabupaten Cianjur



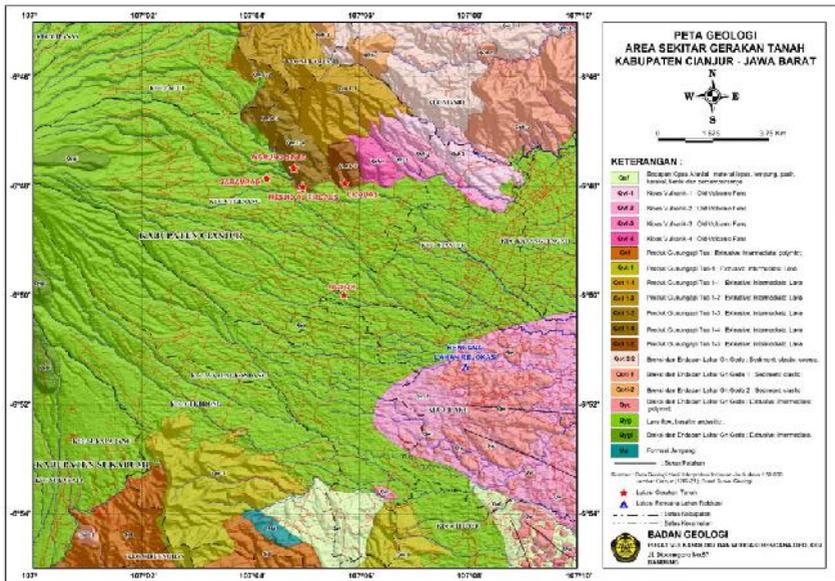
Gambar 3. Peta Kemiringan Lereng Calon Lahan Relokasi di Dusun Pasir Sembung, Desa Sinargalih, Kecamatan Cilaku, Kabupaten Cianjur



Gambar 4. Visualisasi bagian selatan calon lokasi Huntap Sinargalih



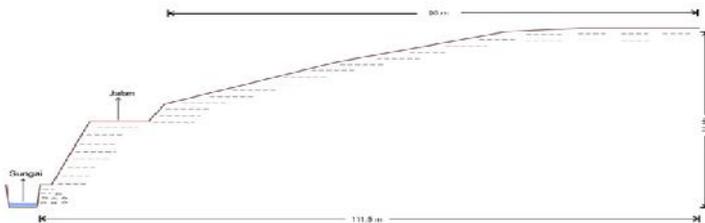
Gambar 5. Visualisasi bagian utara calon lokasi Huntap Sirnagalih



Gambar 6. Peta Geologi Daerah Cianjur dan sekitarnya



Gambar 7. Litologi di kawasan calon lokasi relokasi merupakan kontak antara tanah (A), Frahmen Lava (B) dan breksi (C) pada bagian bawahnya.



Gambar 8. Visualisasi dan proyeksi area huntap Sirnagalih terhadap alur sungai terdekat

Selanjutnya, dilakukan penyelidikan hidrogeologi meliputi pengamatan dan pengukuran terhadap sumur bor dan sumur gali yang tersebar pada area rencana relokasi dan sekitarnya.

Tabel 1. Hasil pengamatan Hidrogeologi daerah rencana relokasi, Desa Sirnagalih Kec. Cilaku, Kab. Cianjur, Jawa Barat (pengamatan tgl. 30 Desember 2022)

No	Lokasi	Kordinat		Jenis	Elevasi	TKA		Kecalaman	Diameter	Debit	pH	DHL	TDS	Suhu
		X	Y			m/bmt	m/ml							
1	Sumur Bor Kantor Diras Lingkungan hidup Kabupaten Cianjur	6 51 19,61"	107 07 58,02"	SB	485	9,97	475,03	40	0,1	0,05	6,58	709	452	27,29
2	Sumur gali Mushola An-JH	6 51 20,27"	107 07 55,93"	SG	481	0,01			1		6,75	276	185	25,01
3	Sumur bor Tempat Pembuangan Sampah Akhir	6 51 22,16"	107 07 56,25"	SB	487	4,5	482,5	30	0,1		5,95	346	232	25,57
4	Sumur gali TPA	6 51 22,16"	107 07 56,25"	SB	487	2	485							
5	Sumurgali umum	6 51 18,43"	107 07 56,12"	SG	488	5,2		3,6	1		5,23	4,13	280	25,98
6	Sumur bor SWK belakang	6 51 18,31"	107 07 50,66"	SB	478	3,85	474,15	15	0,075	0,33	6,14	855	580	27,11
7	Air lindi belakang SM/	6 51 18,31"	107 07 50,66"	Air permukaan	478						8,13	6119	4,25	33,25
8	Sumur bor SWK depan	6 51 15,67"	107 07 54,58"	SB	486	19,5	469,5	50	0,1	0,51	6,59	251	168	27,54
9	SB Masjid Al Iqro SM/	6 51 12,41"	107 07 50,55"	SB	476	8,13	467,87	30	0,1	0,51	6,2	177	118	27,36
10	SB Badar 2020	6 51 11,45"	107 07 54,46"	SB	476	11	465	125	0,15	0,5				



Gambar 9. Lokasi Pengamatan Hidrogeologi pada Area Rencana Relokasi



Gambar 10. Foto-foto kegiatan pengamatan lapangan



Gambar 11. Perkiraan Aliran Kontaminan Sampah TPA pada Area Rencana Relokasi



Gambar 12. Aliran Air Tanah pada Area Rencana Relokasi

Berdasarkan hasil pengukuran di atas:

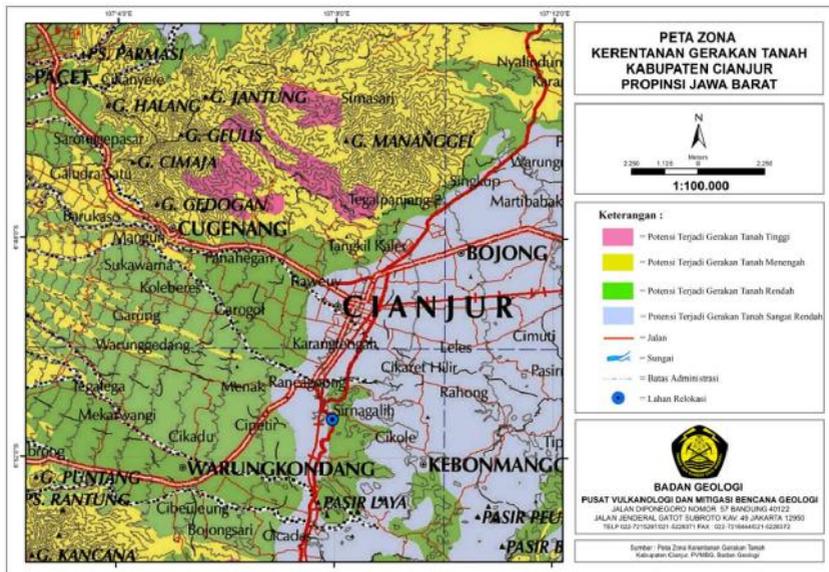
- Potensi air tanah pada daerah relokasi sebesar 1 liter/detik.
- Arah aliran air tanah pada akuifer tertekan/semi tertekan relatif berarah selatan – utara.
- Hasil pengukuran muka air tanah pada akuifer tertekan/semi tertekan (dari sumur bor) berkisar 10- 20 m di bawah muka tanah setempat.
- Perkiraan arah aliran kontaminan air tanah yg berasal dari sampah TPA, berdasarkan analisa kontur muka air tanah, relatif berarah tenggara-barat daya (lihat peta aliran kontaminan sampah TPA)
- Jarak TPA dengan area relokasi \pm 200 meter, apabila mengacu pada SNI 03-3241-1994 yang menyatakan bahwa jarak terhadap sumber air minum harus lebih besar dari 100 meter dihilir aliran air tanah, maka area relokasi ini masih termasuk dalam kriteria aman.

Selanjutnya, dari analisis geologi teknik dan gerakan tanah diketahui bahwa kondisi topografi calon lahan relatif datar hingga landai pada umumnya tersusun oleh material tanah yang relatif tebal (> 10,0 m) dan bersifat agak kaku hingga kaku secara visual. Berdasarkan hasil pengukuran nilai Vs30 yang dilakukan BMKG (November 2022) menunjukkan nilai 300 m/s atau setara dengan nilai N-SPT antara 15 – 30 menurut klasifikasi SNI-1726-2018. Secara visual, tanah lempung vulkanik ini bersifat semi kedad dan kemungkinan infiltrasi berjalan relatif agak lambat. Erosi permukaan teramati tidak begitu intensif setempat-setempat khususnya pada lahan terbuka sedangkan pada bagian yang masih ada vegetasi cenderung lebih aman.

Kondisi topografi yang relatif curam dapat dijumpai pada bagian tepi area huntap yang berbatasan dengan jalan raya. Lereng tanah lempung vulkanik yang terpotong disamping jalan raya memiliki sudut relatif curam yaitu sekitar 700 dan menunjukkan posisi yang relatif agak stabil dengan kondisi di atas muka airtanah (relatif kering/lembab) pada bagian lereng yang terbuka. Namun, pada bagian yang terdapat vegetasi dan dinding penahan terlihat relatif stabil. Secara visual, lereng keseluruhan dan berada pada morfologi lokal yang khas (menyerupai tapal kuda) dan kemiringan lereng yang relatif agak curam dan ada kemungkinan lokasi ini relatif labil terhadap gerakan tanah di masa mendatang jika tidak dilakukan perkuatan lereng. Material tanah lempung vulkanik secara visual tidak bersifat dispersive dan diperkirakan relatif aman jika akan digunakan sebagai material timbunan.

Berdasarkan Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Kabupaten Cianjur, Jawa Barat (Badan Geologi, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi), pada saat ini calon lahan relokasi di Kecamatan Ciluku berada

pada zona rendah (Gambar 13). Artinya, daerah ini memiliki potensi rendah untuk terjadi gerakan tanah. Pada beberapa area dapat terjadi gerakan tanah jika terjadi curah hujan di atas normal, terutama pada daerah yang berbatasan dengan lembah sungai, gawir, tebing jalan atau jika lereng mengalami gangguan.



Gambar 13. Lokasi lahan relokasi pada Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Kabupaten Cianjur

Berdasarkan gambaran rona awal lokasi, hasil analisis cepat di lapangan dan sesuai peruntukkan lahan bagi rencana pembangunan area huntap dapat disampaikan penilaian cepat (*quick-assessment*) sebagai berikut:

- Lahan memiliki kemampuan dukung yang cukup baik bagi bangunan ringan (*low-risk buildings*) sebagaimana diperlukan bagi pembangunan huntap.
- Diduga dalam tahap penyiapan tapak pembangunan akan melibatkan aktivitas pemotongan dan pengurugan (*cut and fill*) terutama pada bagian utara lokasi huntap yang memiliki kemiringan lahan yang lebih besar daripada bagian selatan huntap. Pada bagian ini diperkirakan merupakan bagian relatif tidak stabil dibandingkan lokasi huntap yang memiliki topografi yang relatif datar/landai.

- c. Secara umum tidak terlihat adanya potensi gerakan tanah pada lahan huntap yang telah ditentukan, tetapi keberadaan lahan terhadap alur sungai terdekat yang cukup tinggi memperlihatkan kemiringan lereng keseluruhan (overall slope) yang semakin terjal merupakan salah satu suspek potensi gerakan tanah.
- d. Secara visual, material di lokasi huntap dapat juga digunakan material timbunan yang bersifat semi kedap.
- e. Potensi gerakan tanah pada lokasi calon lahan relokasi adalah rendah. Pada saat pemeriksaan tidak dijumpai gerakan tanah ataupun retakan. Menurut informasi warga tidak pernah terjadi gerakan tanah di sekitar area calon lahan relokasi, namun yang perlu diwaspadai adalah daerah di sekitar alur air, tebing sungai, tebing jalan, atau dilakukan pemotongan lereng yang curam mengingat batuan di calon lahan relokasi adalah tanah lapukan vulkanik yang sangat tebal. Batuan dasar berupa lava yang kompak dan keras dapat menjadi bidang gelincirnya. Gerakan tanah dapat terjadi bila kestabilan lereng terganggu baik akibat adanya pemotongan lereng atau pembebanan lereng yang tidak sesuai dengan kaidah geoteknik (kekuatan dan kestabilan tanah).
- f. Rencana relokasi area Dinas LH-SMKNPP Cianjur, relatif masih aman dari resiko aliran kontaminan sampah TPA hingga kedalaman sumur 100 m. Hindari pembangunan sumur bor pada area prediksi aliran kontaminan sampah TPA (Gambar 11).
- g. Sebelum masuk pada tahap konstruksi sebaiknya melakukan penyelidikan tanah rinci terkait kekuatan tanah pondasi baik pada posisi tanah asli maupun di tanah timbunan serta kaitannya dengan guncangan gempa.
- h. Pada topografi yang relatif curam perlu dilakukan penilaian kemandapan lereng area huntap terhadap titik terendah yang terdekat yaitu terhadap sungai terdekat untuk mengetahui kemandapan lereng secara keseluruhan untuk memastikan keamanan area huntap jangka panjang dengan memperhatikan faktor pemicunya seperti curah hujan dan kegempaan. Analisis perkuatan lereng sepanjang batas lahan calon huntap sebaiknya dilakukan untuk memastikan kestabilannya. Penataan kawasan relokasi tersebut agar dilakukan dengan memperhatikan rekomendasi dan pedoman teknis terutama desain konstruksi yang diberikan oleh institusi yang berwenang.
- i. Dari hasil analisis geologi lingkungan, area relokasi termasuk dalam kesesuaian lahan menengah karena kelerengan dominan relatif da-

tar-landai sedikit curam bagian utara, daya dukung tanah/batuan cukup baik, potensi gerakan tanah rendah, tetapi memiliki potensi ketersediaan air tanah rendah. Oleh karena itu diperlukan minimal 4 unit sumur bor untuk memenuhi rencana pembangunan 200 unit rumah dengan syarat konstruksi bangunan tahan gempa karena berada dalam KRB gempa bumi tinggi. Area relokasi relatif aman dari potensi banjir akibat luapan Sungai Cibinong karena ketinggian lahan Huntap Sirnagalih sekitar 25 – 30 m di atas permukaan Sungai Cibinong.

- j. Pada tahap penyiapan tapak pembangunan kemungkinan akan melibatkan aktivitas pemotongan dan pengurugan (*cut and fill*) terutama pada bagian utara lokasi huntap yang memiliki kemiringan lahan yang lebih besar daripada bagian selatan huntap. Pada bagian ini diperkirakan merupakan bagian relatif tidak stabil dibandingkan lokasi huntap yang memiliki topografi yang relatif datar/landai.
- k. Penataan kawasan relokasi tersebut agar dilakukan dengan memperhatikan rekomendasi dan pedoman teknis terutama desain konstruksi yang diberikan oleh institusi yang berwenang.
- l. Secara umum dari aspek kegempaan relatif aman karena tidak dijumpai FSR (*Fault Surface Rupture*) dan *zona Flow Liquefaction*. Namun, untukantisipasi akibat guncangan gempa bumi yang mungkin terjadi maka perlu dilakukan rekayasa bangunan tahan gempa bumi.

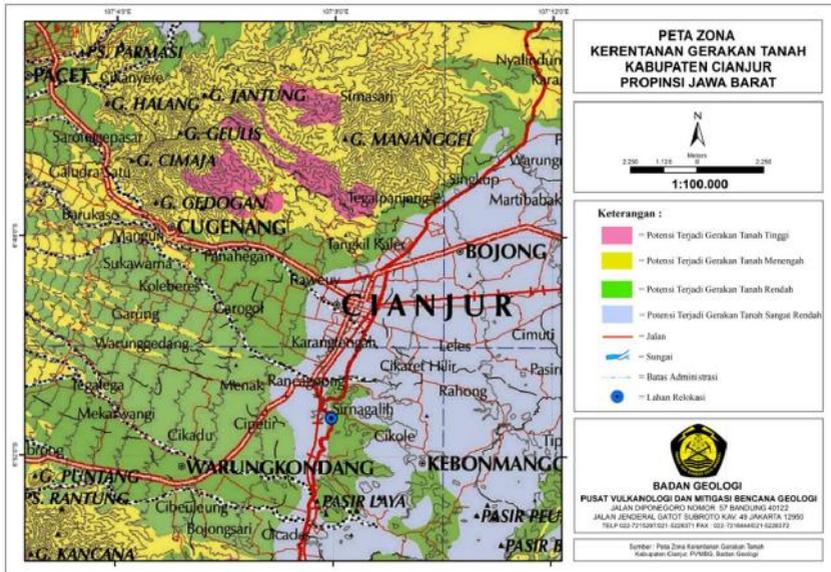
2. Lokasi Calon Lahan Relokasi di Kecamatan Mande, Kabupaten Cianjur

Relokasi Mande merupakan calon lokasi relokasi kedua yang disiapkan oleh pemerintah Kabupaten Cianjur untuk korban bencana gempa bumi, lokasinya berada di dekat kantor Kecamatan Mande.

Secara geografis, ketiga lokasi calon lahan relokasi adalah sebagai berikut (Gambar 9):

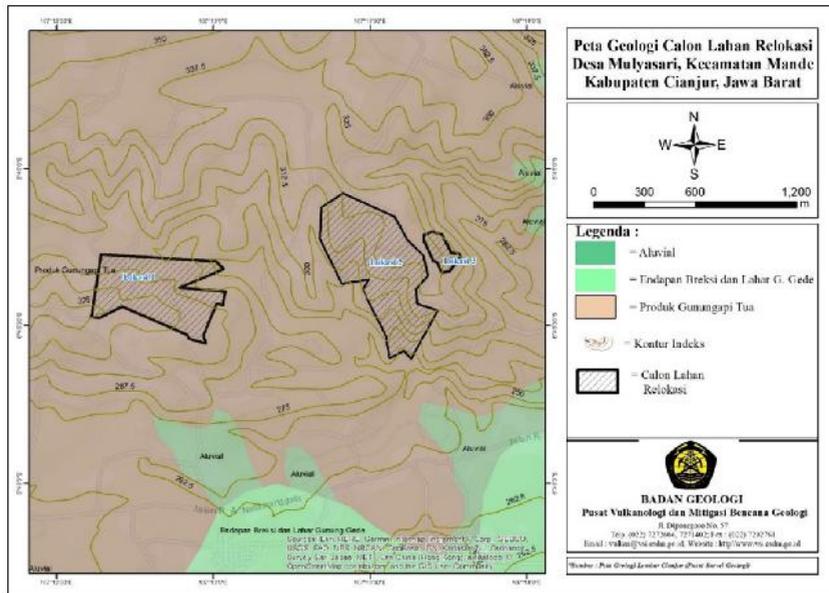
1. Eks HGU Betaraya, Desa Mulyasari dan Jamali, Kecamatan Mande. Secara geografis berada pada koordinat -6.757342° LS dan 107.210072° BT dengan ketinggian 324 mdpl. Luas lahan ±30 Ha diperuntukan bagi 2400KK dan apabila tidak mencukupi bisa di gunakan lokasi yang lain.
2. Eks HGU PT Ciranji, Desa Mulyasari, Kecamatan Mande, Kabupaten Cianjur. Secara geografis berada pada koordinat -6.755917° LS dan 107.227853° BT dengan ketinggian 326 mdpl. Luas lahan ±30 Ha diperuntukan bagi 2400KK dan apabila tidak mencukupi bisa di gunakan lokasi yang lain.

3. Kantor Camat Kecamatan Mande, Desa Murnisari, Kecamatan Mande, Kabupaten Cianjur. Secara geografis berada pada koordinat -6.755294° LS dan 107.228661° BT dengan ketinggian 337 mdpl. Luas lahan ± 3 Ha diperuntukan bagi 2400KK digabung dengan 2 lokasi yang lain.



Gambar 9. Peta Lokasi Calon Relokasi di Kec. Mande, Kab. Cianjur

Berdasarkan *Peta Geologi Lembar Cianjur, Jawa* (Sudjatmiko, 2003), ketiga lahan calon relokasi berada pada tanah hasil pelapukan batuan gunungapi tertua (Qob) yang berupa breksi dan lava (Gambar 13). Berdasarkan hasil pengamatan lapangan, secara umum ketiga calon lahan relokasi menunjukkan karakter/sifat yang tidak jauh berbeda. Secara umum pada ketiga lokasi pemeriksaan tersusun oleh tanah pelapukan dari breksi berupa lempung berwarna merah – kecoklatan, dan bukan tanah urugan. Tidak dijumpai tanda tanda gerakan tanah lama dan gerakan tanah baru seperti retakan – retakan, nendatan, dan rayapan (Gambar 14 dan 15).



Gambar 13. Peta Geologi Calon Lahan Relokasi



Gambar 14. Tanah pelapukan calon lokasi relokasi 1 (kiri) dan calon lahan relokasi 2 (kanan)



Gambar 15. Tanah pelapukan di lokasi belakang kantor Kecamatan Cimande

Lokasi Eks HGU Betaraya

Secara umum calon lahan relokasi berada pada punggung perbukitan bergelombang rendah-menengah dengan kemiringan bervariasi landai – agak curam $5-15^\circ$ (Gambar 10). Secara umum bentuk lereng beragam dengan topografi kerapatan rendah. Arah kemiringan lereng dominan ke utara menuju lembah Sungai Cibolang yang mengalir di utara area calon relokasi. Lereng calon lahan relokasi didominasi kelerengan landai $1-5^\circ$ dibagian selatan dan $5-10^\circ$ dibagian utara. Daerah calon lahan relokasi berada pada ketinggian 275-326 mdpl.



Gambar 10. Morfologi bagian utara yang lebih curam (kiri) daripada bagian selatan yang lebih landai (kanan)

Eks HGU PT Ciranji

Secara umum calon lahan relokasi berada pada punggung perbukitan bergelombang rendah-menengah dengan kemiringan bervariasi landai – agak curam $5-25^\circ$ (Gambar 11). Kelerengan landai pada punggung bukit dan berubah menjadi curam mengarah ke lembah sungai. Arah kemiringan lereng dominan ke barat daya menuju lembah Sungai Ci Balagung yang mengalir di selatan dan barat daya area calon relokasi. Daerah calon lahan relokasi berada pada ketinggian 250-350 mdpl.



Gambar 11. Morfologi lembah dan punggung bukit di lokasi calon relokasi

Kantor Camat Kecamatan Mande

Secara umum calon lahan relokasi berada pada punggung perbukitan bergelombang rendah-menengah dengan kemiringan bervariasi landai – agak curam 4-20° (Gambar 12). Daerah pemeriksaan berupa dataran landai di belakang Kantor Camat tetapi secara berangsur berubah menjadi curam ke timur laut. Arah kemiringan lereng dominan ke timur laut menuju lembah Sungai Ci Bakom yang mengalir di timur laut area calon relokasi. Daerah calon lahan relokasi berada pada ketinggian 325-350 mdpl.

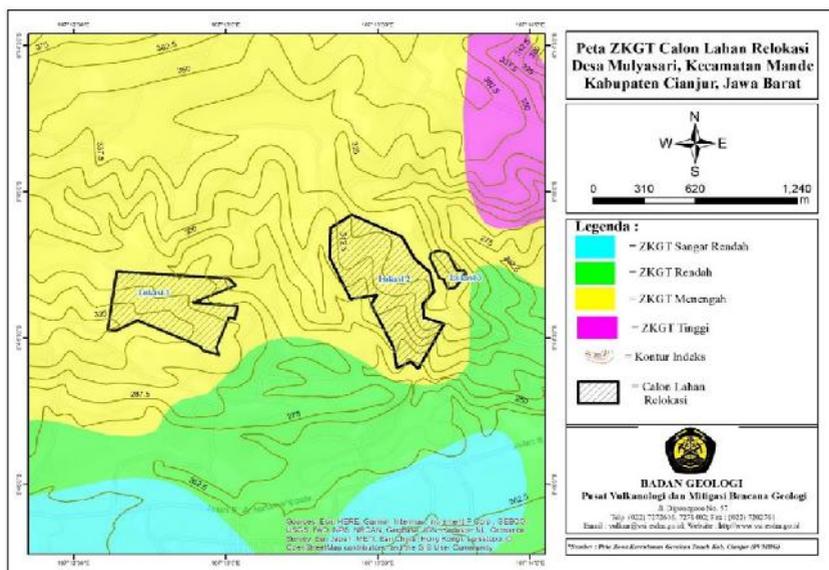


Gambar 12. Morfologi pada Calon Lahan Relokasi 3

Ditinjau dari sisi air, pada lokasi Lokasi Eks HGU Betaraya, sumber air untuk daerah ini disalurkan melalui mata air yang berada di dalam lokasi calon relokasi. Kedalaman muka air tanah berdasarkan laporan masyarakat 60 m. Terdapat Sungai Cibolang yang mengalir di utara area calon relokasi. Pada lokasi Eks HGU PT Ciranji terdapat lembah di kanan – kiri punggung yang menjadi alur air permukaan saat hujan turun. Oleh karena menjadi zona air, pada zona zona tersebut tidak direkomendasikan untuk menjadi lahan hunian. Sumber air untuk daerah ini berupa tampungan air mata air yang berjarak ± 500m dari lokasi dan mengering ketika musim kemarau. Muka air tanah didaerah ini sangat dalam sehingga tidak memungkinkan membuat sumur gali. Terdapat sungai Ci Balagung disebelah selatan dari lokasi ini.

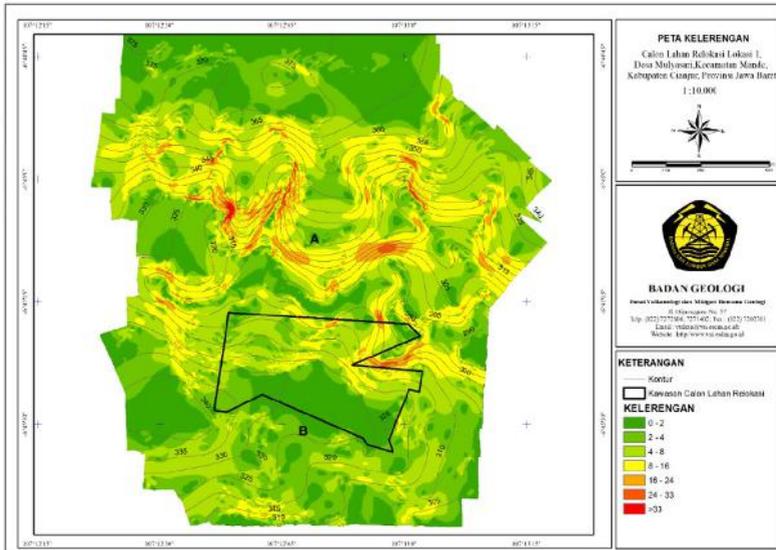
Secara umum pada lokasi Eks HGU PT Ciranji dan Kantor Camat Kecamatan Mande yang berdekatan mempunyai permasalahan yaitu sumber daya air. Beberapa penduduk menggunakan mata air yang dialirkan dari tempat yang cukup jauh. Sumber air untuk daerah ini berupa berupa tampungan air mata air yang berjarak ± 1km dari lokasi dan mengering ketika musim kemarau. Muka air tanah didaerah ini sangat dalam sehingga tidak memungkinkan membuat sumur gali.

Selanjutnya, dari segi gerakan tanah, berdasarkan *Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Kabupaten Cianjur, Jawa Barat* (Badan Geologi, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi), ketiga calon lahan relokasi berada pada zona Menengah, yang berarti daerah ini mempunyai potensi menengah untuk terjadi gerakan tanah (Gambar 16). Pada zona ini dapat terjadi gerakan tanah jika curah hujan di atas normal, terutama pada daerah yang berbatasan dengan lembah sungai, gawir, tebing jalan atau jika lereng mengalami ganguan.

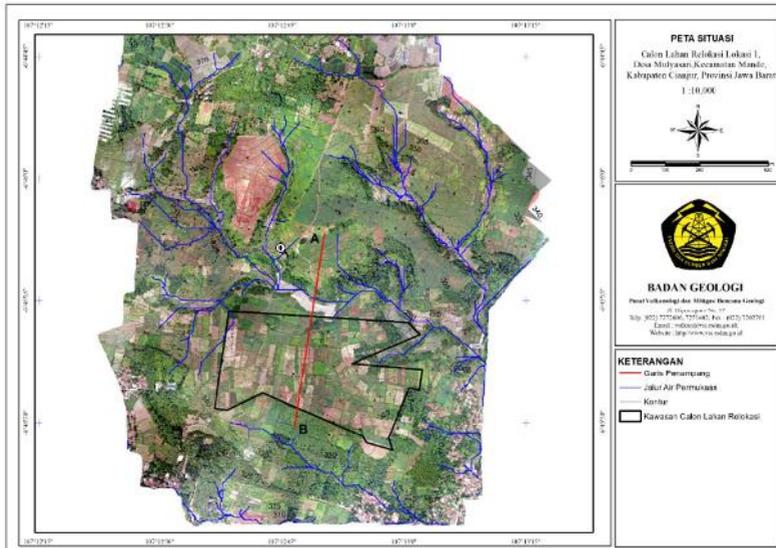


Gambar 16. Peta ZKGT pada Calon Lahan Relokasi di Kec. Mande

Adapun situasi calon lahan relokasi dapat dijelaskan bahwa calon lahan relokasi 1 (Eks HGU Betaraya) mempunyai luas sekitar 30 ha. Secara umum berupa kebun campuran yang dikelola oleh warga setempat. Dari segi kelerengan lokasi 1 (Gambar 17) secara umum berada pada kelerengan yang cukup datar tetapi pada beberapa titik berbatasan dengan lereng yang terjal khususnya pada batas bagian utara ke arah lembah Sungai Cibolang. Oleh karena itu pembangunan hunian relokasi harus memperhatikan kelerengan tersebut dan dibatasi pada batas sempadan (Gambar 18 dan 19). Sumber daya air mencukupi dengan sumber air dari sumur dan mata air serta Sungai Cibolang di bagian utara. Akses jalan dan jaringan listrik juga sudah tersedia.



Gambar 17. Peta Kelerengan Calon Lahan Relokasi 1, Desa Mulyasari, Kecamatan Mande



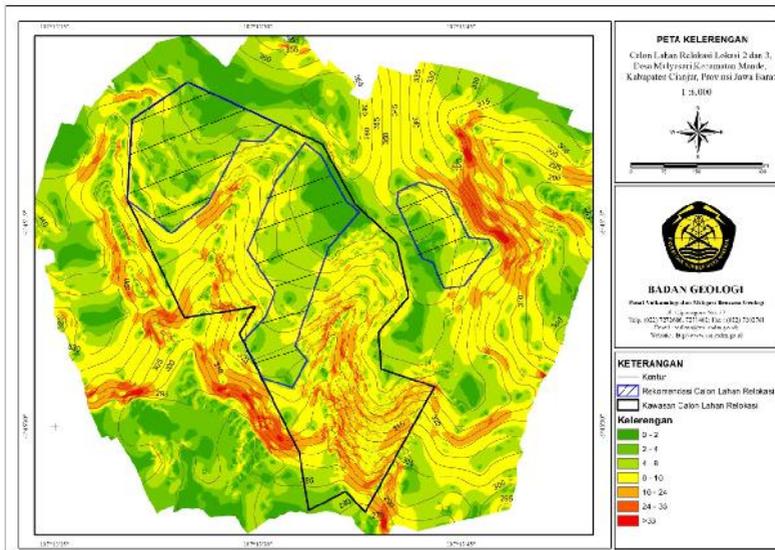
Gambar 18. Peta Situasi Calon Lahan Relokasi 1, Desa Mulyasari, Kecamatan Mande



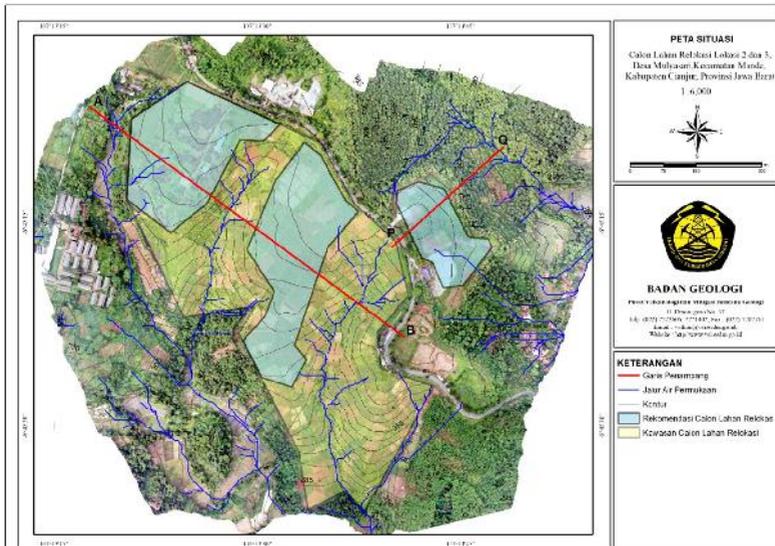
Gambar 19. Penampang Calon Lahan Relokasi 1 Desa Mulyasari, Kecamatan Mande

Calon lahan relokasi 2 (Eks HGU PT Ciranji) mempunyai luas ± 30 ha. Lokasi ini persis berada di belakang Warung Lesehan Abah. Kondisi morfologi bergelombang kelerengan landai pada bagian punggung bukit tetapi curam ke arah lembah sungai (Gambar 20). Tidak semua lahan cocok untuk hunian khususnya pada lahan yang berada pada lereng terjal dan alur aliran permukaan karena itu, lahan relokasi dapat difokuskan pada bagian landai di punggung bukit (Gambar 21 Peta Situasi, rekomendasi lahan relokasi). Lahan relokasi yang akan dikembangkan agar memperhatikan saluran drainase, batas sempadan lereng (Gambar 22 dan 23), rekayasa teknik yang harus dilakukan seperti pemotongan lereng, terasering khususnya pada batas lahan dengan kemiringan terjal adalah perkuatan lereng/retaining wall. Pada lokasi 2, sumber daya air cukup sulit mengingat air tanah yang dalam dan sumber mata air yang cukup jauh.

Lokasi ketiga mempunyai luas sekitar 3 ha yang berada di belakang Kantor Kecamatan Mande. Pada lokasi ini relatif datar hanya pada batas lereng di bagian timur mempunyai kelerengan yang cukup terjal. Ketersediaan sumber air juga kurang seperti lokasi 2 di mana sumber mata air cukup jauh dan muka air tanah yang dalam.



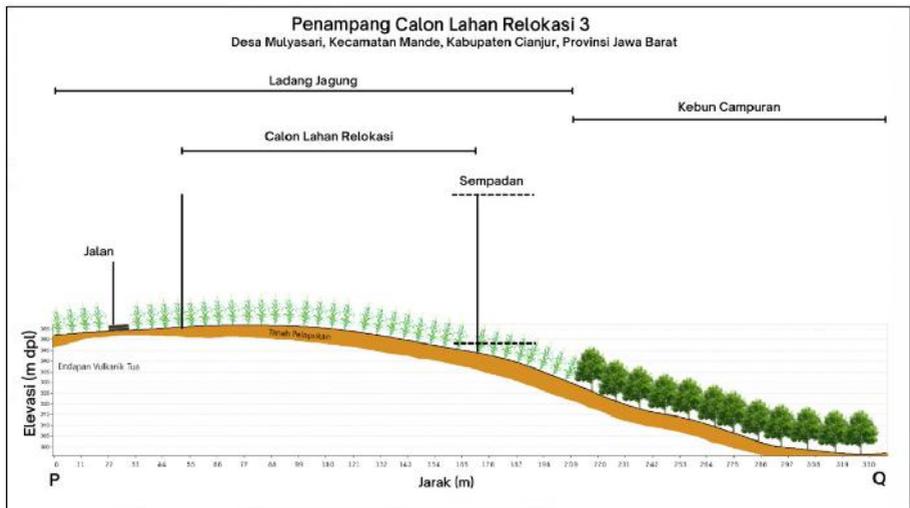
Gambar 20. Peta Kelerengan pada Calon Lahan Relokasi 2 dan 3 Desa Mulyasari, Kecamatan Mande



Gambar 21. Peta Situasi Calon Lahan Relokasi 2 dan 3 Desa Mulyasari, Kecamatan Mande. Warna biru rekomendasi layak untuk lahan relokasi.



Gambar 22. Penampang Calon Lahan Relokasi 2 Desa Mulyasari, Kecamatan Mande



Gambar 23. Penampang Calon Lahan Relokasi 3 Desa Mulyasari, Kecamatan Mande

Analisis Geologi Teknik dan Gerakan Tanah

Area huntap Lokasi-1 dinilai memiliki kemampuan dukung bangunan yang baik bagi bangunan ringan dengan tanah pondasi berupa tanah lempung lanauan, coklat, plastis hingga agak plastis, konsistensi teguh hingga kaku. Pada area ini diduga ketebalan tanah relatif tebal sehingga diduga pondasi bangunan akan berada pada lapisan tanah ini. Permukaan lahan yang sedikit berkontur pada Lokasi-3 dengan kemiringan lahan yang landai hingga agak miring dengan kemiringan permukaan <15% menjadikan proses penyiapan lahan bersifat mudah hingga cukup mudah. Diperkirakan proses pemotongan tanah dan pengurangan akan sedikit intensif dibandingkan area huntap Lokasi-3. Hasil pengamatan cepat yang dilakukan tidak menjumpai hal yang mengindikasikan adanya gerakan tanah.

Area huntap Lokasi-2 dinilai memiliki kemampuan dukung bangunan yang baik bagi bangunan ringan dengan tanah pondasi berupa tanah lempungan yang bersifat teguh hingga kaku. Pada area ini diduga ketebalan tanah relatif tebal pada bagian punggung bukit dan menipis ke arah lembah. Permukaan lahan yang berkontur pada Lokasi-2 dan kemiringan lahan yang landai hingga miring dengan kemiringan lahan dapat mencapai >45% akan menjadikan proses penyiapan lahan bersifat agak mudah hingga cukup sulit. Pemotongan tanah dan pengurangan akan bersifat lebih intensif dibandingkan area huntap Lokasi-1. Pemotongan tanah yang menciptakan lereng yang tinggi dapat menimbulkan ketidakstabilan lereng tanah di masa mendatang.

Huntap Lokasi-3 (belakang kantor Kecamatan Mande). Lahan huntap ini dinilai memiliki kemampuan dukung bangunan yang baik bagi bangunan ringan dengan tanah pondasi berupa tanah lempungan yang bersifat teguh hingga kaku seiring bertambahnya kedalaman tanah. Dengan dijumpainya batuan yang terlapukkan kuat dipermukaan maka diduga setempat lapisan tanah pada lokasi ini relatif lebih tipis sehingga penempatan pondasi bangunan dapat mencapai batuan. Proses penyiapan lahan (*land clearing*) pada Lokasi-3 bersifat sangat mudah dengan permukaan lahan yang relatif tidak berkontur atau datar dengan kemiringan permukaan < 5% sehingga tidak banyak melibatkan proses penggalian dan penimbunan. Material tanah urug (*borrow material*) dapat memanfaatkan tanah galian/pemotongan lokal yang berupa tanah lempungan yang bersifat kohesif, plastis, relatif agak kedap hingga kedap air dan non-dispersif.

Secara umum tidak terlihat adanya ancaman ketidakstabilan lereng pada lahan ini, tetapi pada bagian tepi sebelah timur lokasi huntap

terlihat adanya lapisan tanah dengan tekstur yang tidak seragam di sisi timur mengindikasikan adanya material rombakan dan juga berbatasan dengan area yang berkemiringan lereng yang semakin besar ke arah aliran sungai.

Area hantap Lokasi-2 dan Lokasi-3 berada dekat dengan jalan provinsi yang menghubungkan daerah Cinangsi-Cibogo sementara Lokasi-1 berada relatif lebih jauh dari jalan provinsi tersebut. Secara umum, ketiga lokasi hantap tersebut berada pada morfologi perbukitan bergelombang yang berelief ringan hingga kasar. Berdasarkan Peta Geologi Lembar Cianjur (Sudjatmiko, 1972), ketiga lokasi hantap memiliki aspek geologi yang sama dengan batuan penyusun berupa batuan gunungapi tua yang terdiri dari breksi andesit dan lava. Kondisi eksisting yang terlihat pada saat pengamatan lapangan, area hantap yang direncanakan tersebut merupakan lahan garapan/kebun yang didominasi oleh tanaman jagung dan singkong serta tanaman selingan lainnya berupa pisang, cabai, dan lain-lain.

Berdasarkan hasil peninjauan lapangan, ketiga lokasi hantap tersebut di atas memiliki karakteristik lahan yang berbeda-beda. Lokasi-1 memiliki lahan yang relatif datar dengan kemiringan permukaan $< 5\%$. Lokasi-2 memiliki lahan yang bergelombang dengan tiga punggung mengarah ke barat daya dari jalan provinsi sebagai batas tepi bagian timur dan memiliki dua lembah utama.

Sementara itu, Lokasi-1 memiliki lahan yang relatif landai dengan kemiringan permukaan rata-rata $< 15\%$. Sebagaimana dijelaskan di atas bahwa ketiga lokasi hantap memiliki batuan penyusun yang sama maka hasil pelapukan batuan penyusun pada ketiga lokasi hantap juga teramati relatif sama yaitu berupa tanah lempungan hingga lempung lanauan, berwarna coklat hingga coklat kemerahan, bersifat agak plastis hingga plastis, teguh hingga kaku (Gambar 25).

Berdasarkan keberadaan singkapan batuan breksi dan lava, tanah hasil pelapukan dan kedalaman sumur gali yang berada di Lokasi-2, diperkirakan lokasi-lokasi hantap berada di atas lapisan tanah residual dari batuan breksi dan lava dengan ketebalan lapisan tanah bervariasi mulai dari 0,5 m hingga dapat mencapai sekitar 10,0 m berdasarkan pengukuran yang dilakukan pada sumur gali yang terdapat pada Lokasi-2. Perubahan massa batuan terhadap massa tanah diduga terjadi secara gradual dengan tingkatan pelapukan yang bertahap. Zona perubahan ini merupakan zona yang dapat menyimpan airtanah dalam kadar yang kecil yang keluar dalam bentuk mataair dengan debit sangat terbatas (Gambar 26).



Gambar 24. Kenampakan morfologi masing-masing lahan area huntap



Gambar 25. Tanah lempungan yang menjadi lapisan tanah permukaan area hantap



Gambar 26. Rembesan air yang keluar pada kontak breksi dengan tanah pelapukan

Tinjauan lapangan menemukan sejumlah lokasi singkapan batuan yang merupakan batuan penyusun daerah huntap dan sekitarnya. Singkapan batuan yang segar (*fresh rock*) umumnya dijumpai di saluran aliran air yang berasal dari mataair yang terdapat di daerah lembah diantara punggung bukit (Gambar 27), sementara batuan yang telah mengalami proses pelapukan beberapa dijumpai di daerah tinggian. Breksi dan lava berwarna abu-abu dalam kondisi segar dan coklat hingga keabuan dalam kondisi terlapukkan kuat (Gambar 27). Breksi terdiri atas fragmen andesit berukuran kerakal hingga bongkah pada massa dasar pasir kasar hingga kerikilan. Di titik pengamatan tertentu terlihat adanya kesan aliran pada batuan breksi yang diamati.

Batuan breksi segar yang dijumpai bersifat keras hingga sangat keras yang diperkirakan termasuk dalam kelas R4 atau lebih sebagai batuan yang kuat berdasarkan klasifikasi ISRM untuk kekuatan batuan. Sementara itu, batuan breksi yang terlapukkan dengan bidang-bidang diskontinuitasnya yang telah mengalami alterasi intensif memiliki kekerasan yang cukup lunak bahkan di beberapa tempat terlihat hampir menyerupai tanah sehingga dikategorikan sebagai batuan yang lemah hingga sangat lemah (*extremely weak to weak rock*) dengan kelas kekuatan batuan R0-R1.



Gambar 27. a. Batuan breksi yang relatif segar tersingkap di alur aliran air antara bukit, dan b. breksi yang terlapukkan kuat tersingkap di permukaan

Pada sebagian batuan segar yang dijumpai, terlihat adanya diskontinuitas dalam sejumlah pasangan (joint sets) sehingga diperkirakan batuan breksi dan lava di beberapa tempat bersifat terkekarkan. Berdasarkan kondisi-kondisi batuan yang tersingkap dan klasifikasi GSI massa batuan, nilai indeks massa batuan terlapukkan kuat diestimasi berkisar antara 20 – 30, batuan breksi segar diestimasi berkisar 70 – 80, dan batuan lava segar diestimasi berkisar 80 – 85. Semakin besar nilai indeks GSI mengindikasikan massa batuan memiliki bidang diskontinuitas yang semakin sedikit dengan permukaan bidang diskontinuitas yang semakin kasar sehingga dapat dikatakan bersifat kuat.

Berdasarkan hasil penyelidikan lapangan, analisis dan bahan diskusi sebagai berikut:

- a. Area-area yang direncanakan bagi lokasi hunian tetap di Kecamatan Mande berada di atas lapisan tanah residual lempung hingga lempung lanauan yang merupakan hasil pelapukan dari batuan breksi dan lava gunungapi tua. Lapisan tanah memiliki ketebalan bervariasi yang setidaknya diduga dapat mencapai sekitar 10,0 m dari permukaan tanah. Lapisan tanah ini akan berfungsi sebagai tanah pondasi bagi hunian tetap yang memberikan kemampuan dukung yang baik. Lapisan tanah ini juga dapat dimanfaatkan sebagai material urugan lokal yang bersifat teguh-kaku dan semi-kedap.
- b. Kemudahan membangun hunian tetap bersifat lebih mudah dan/atau cukup mudah pada area hantap Lokasi-1, Lokasi-3, dan sebagian pada Lokasi-2 yang memiliki kemiringan lahan landai terutama pada bagian punggung-punggungan perbukitannya.
- c. Keberadaan mataair sebagai sumber air terbatas mengindikasikan kontak lapisan tanah dan batuan sekaligus dapat berfungsi sebagai bidang gelincir terutama di bagian-bagian lereng yang relatif curam.
- d. Kendala geologi teknik yang mungkin akan dijumpai berupa gerakan tanah berskala kecil dan proses pengerosian tanah permukaan di sejumlah titik tertentu.
- e. Apabila terjadi guncangan gempa bumi, diduga bagian punggung perbukitan dengan lapisan tanah yang lebih tebal akan mengalami penguatan guncangan yang lebih besar dibandingkan bagian lereng yang relatif curam. Namun, gerakan tanah dapat terpicu pada bagian lereng ini akibat guncangan gempa.

Melihat kondisi dan situasi calon lahan relokasi, saran untuk pembenahan penggunaan calon relokasi di Kecamatan Mande, sebagai berikut:

1. Calon lahan relokasi seluas 30 ha di lokasi 1 dapat dipergunakan sebagai lahan relokasi tetapi pada bagian utara lokasi ini membutuhkan penanganan lebih dikarenakan memiliki kemiringan lereng yang lebih tinggi daripada bagian selatannya;
2. Calon lahan relokasi seluas 30 ha di lokasi 2 tidak semua dapat digunakan sebagai lahan relokasi. Hanya bagian punggung sebelah utara yang memiliki kemiringan lereng relatif datar yang dapat dipergunakan untuk dijadikan lahan relokasi, sedangkan bagian lembah kurang layak dikarenakan berupa cekungan dengan kemiringan yang lebih tinggi;
3. Calon lahan relokasi seluas 3 ha di lokasi 3 dapat dipergunakan sebagai lahan relokasi tetapi pada bagian timur lokasi ini membutuhkan penanganan design keteknikan lebih dikarenakan memiliki kemiringan lereng yang lebih tinggi daripada bagian baratnya;
4. Pada Calon Lahan Relokasi perlu diperhatikan batas sempadan lereng pada batas lereng punggung yang mengarah ke lembah. Hunian agar tidak dibangun pada batas sempadan lereng tersebut dan menjadi zona buffer dari punggung ke lereng terjal.
5. Secara umum tidak terlihat adanya potensi gerakan tanah pada lahan hunian yang telah ditentukan dan tidak ditemukan adanya retakan baru dan diinformasikan belum pernah terjadi pergerakan tanah di lokasi calon lahan relokasi tersebut;
6. Untuk mengurangi risiko kerusakan akibat guncangan gempa bumi maka sebaiknya dilakukan kajian mikrozonasi untuk mengetahui nilai V_s30 yang secara tidak langsung dapat mencerminkan tingkat kekerasan litologi area tapak hunian yang mana hal ini juga merupakan salah satu dasar dalam desain rumah tahan gempa.
7. Secara umum dari aspek kegempaan relatif aman karena tidak dijumpai FSR (*Fault Surface Rupture*) dan zona Flow Liquefaction. Namun, untukantisipasi akibat guncangan gempa bumi yang mungkin terjadi maka perlu dilakukan rekayasa bangunan tahan gempa bumi.
8. Sebelum masuk pada tahap konstruksi sebaiknya melakukan penyelidikan tanah rinci terkait kekuatan tanah pondasi baik pada posisi tanah asli maupun di tanah timbunan serta kaitannya dengan guncangan gempa;

9. Pada tahap penyiapan tapak pembangunan kemungkinan akan melibatkan aktivitas pemotongan dan pengurugan (*cut and fill*) terutama pada bagian utara lokasi hantap yang memiliki kemiringan lahan yang lebih besar daripada bagian selatan hantap;
10. Penataan kawasan relokasi tersebut agar dilakukan dengan memperhatikan rekomendasi dan pedoman teknis terutama desain konstruksi yang diberikan oleh institusi yang berwenang;
11. Berdasarkan Permen ATR No. 15 Tahun 2018 pasal 10 poin f menyebutkan bahwa penggunaan dan pemanfaatan tanah pada daerah dengan lereng 15% (lima belas persen) – 40% (empat puluh persen), harus dilakukan dengan rekayasa teknis mekanik dan vegetatif yang sesuai untuk mencegah terjadinya erosi, aliran permukaan (*run-off*), dan longsor, serta pasal 10 poin g, penggunaan dan pemanfaatan tanah pada daerah dengan lereng lebih dari 40% (empat puluh persen), dibatasi untuk kegiatan yang berfungsi lindung dan/atau kegiatan lain yang didukung dengan rekayasa teknis yang berteknologi tinggi;
12. Melakukan penataan lereng melalui proses rekayasa teknis yang baik sesuai kaidah geologi teknik;
13. Jika ada pemotongan lereng agar dilakukan secara berjenjang/terasering;
14. Penataan drainase (sistem aliran air permukaan dan buangan air limbah rumah tangga) harus dikendalikan dengan saluran yang kedap air, dengan ditembok atau pemipaan, diarahkan langsung ke arah lembah/sungai, untuk menghindari peresapan air ke tanah sehingga dapat memicu terjadinya gerakan tanah;
15. Rembesan air yang tersingkap di bagian alur lembah sebaiknya diberikan perkuatan karena merupakan titik lemah untuk terjadinya gerakan tanah baik yang dipicu oleh kondisi iklim maupun guncangan gempa bumi. Rancangan perkuatan juga dapat disinergikan dengan peluang pemanfaatan sumber air baku terbatas bagi hunian tetap.
16. Keberadaan usaha pengelolaan limbah peternakan sapi yang berada di bagian utara Lokasi-2 perlu dikaji lebih lanjut terhadap potensi pencemaran ke sumber mataair yang berada di lereng bagian bawah area usaha tersebut.
17. Agar hati hati dengan tanah urugan agar dipadatkan dengan metoda pemadatan yang benar sesuai standar sehingga permukaan tanah kokoh dan tidak mudah bergeser;

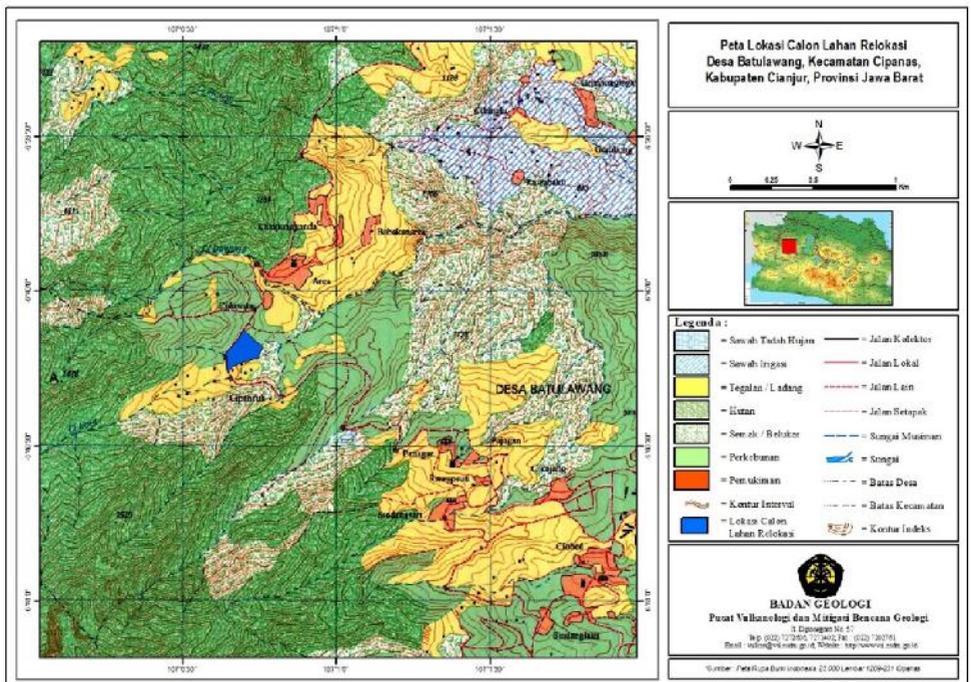
18. Lereng tinggi/terjal yang terjadi akibat pengupasan/pengurangan, perlu diperkuat dengan dinding penahan (*retaining wall*) yang kokoh dan memenuhi syarat teknis. Dinding penahan disarankan menembus batuan dasar/keras dan dilengkapi lubang/saluran pembuangan air;
19. Badan Geologi tidak memiliki kewenangan dalam pemberian ijin pendirian bangunan di lokasi tersebut. Izin pembangunan sepenuhnya wewenang pemerintah daerah. Untuk itu Badan Geologi sangat merekomendasikan dalam pembangunan dan penataan kawasan agar dilakukan dengan memperhatikan rekomendasi dan pedoman teknis yang diberikan oleh institusi yang berwenang serta harus menyesuaikan dengan Rencana Tata Ruang dan Wilayah Kabupaten Cianjur.

Selanjutnya, berdasarkan hasil-hasil penilaian terhadap kondisi lokasi calon huntap disarankan beberapa hal sebagai berikut:

- Untuk mengurangi risiko kerusakan akibat guncangan gempa bumi maka sebaiknya dilakukan kajian mikrozonasi untuk mengetahui nilai V_s30 yang secara tidak langsung dapat mencerminkan tingkat kekerasan litologi area tapak hunian yang mana hal ini juga merupakan salah satu dasar dalam desain rumah tahan gempa.
- Rembesan air yang tersingkap di bagian alur lembah sebaiknya diberikan perkuatan karena merupakan titik lemah untuk terjadinya gerakan tanah baik yang dipicu oleh kondisi iklim maupun guncangan gempa bumi. Rancangan perkuatan juga dapat disinergikan dengan peluang pemanfaatan sumber air baku terbatas bagi hunian tetap.
- Keberadaan usaha pengelolaan limbah peternakan sapi yang berada di bagian utara Lokasi-2 perlu dikaji lebih lanjut terhadap potensi pencemaran ke sumber mataair yang berada di lereng bagian bawah area usaha tersebut.

Calon Lokasi Relokasi di Kp. Cidaweung, Desa Batulawang, Kecamatan Cipanas

Lokasi calon lahan relokasi merupakan pembangunan hunian tetap pascabencana gempa bumi di Kabupaten Cianjur tahap 3. Lokasi tempat relokasi yang diusulkan oleh Pemerintah Kabupaten Cianjur adalah tanah Hak Guna Usaha (HGU) PT. Maskapai Perkebunan Moellia (MPM) tepatnya di Kp. Cidaweung, Desa Batulawang, Kecamatan Cipanas, Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat. Secara geografis berada pada koordinat 107.01106 BT dan 6.66969 LS dengan luas area awal yang diusulkan sekitar 3 ha. Lahan relokasi ini disiapkan untuk 147 rumah. Jalan masuk ke area lokasi merupakan jalan perkebunan PT. MPM dan sudah terdapat instalasi listrik yang memadai.



Gambar 28. Peta Lokasi Calon Lahan Relokasi di Kp. Cidaweung, Desa Batulawang, Kecamatan Cipanas, Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat.

Morfologi di daerah rencana tempat relokasi yang diusulkan Pemerintah Kabupaten Cianjur umumnya merupakan area berlereng agak curam – curam dengan kemiringan lereng bagian bawah $16,6^\circ$ dan pada lereng bagian atas $27,6^\circ$. Tinggi bukit yang berada pada lereng bagian atas calon lahan relokasi 56 meter, jarak calon lahan relokasi ke bukit tersebut adalah 122 meter. Daerah calon lahan relokasi berada dipinggir jalan, dengan tinggi tebing jalan 3,6 meter, dan tebing tersebut sudah terdapat tembok penahan (*retaining wall*) yang sudah mempunyai sistem drainase yang baik. Daerah calon lahan relokasi berada pada ketinggian 1150 – 1175 mdpl. Arah kemiringan lereng dominan ke tenggara menuju lembah Sungai Cinangkot yang mengalir masuk kedalam Sungai Cibeet.



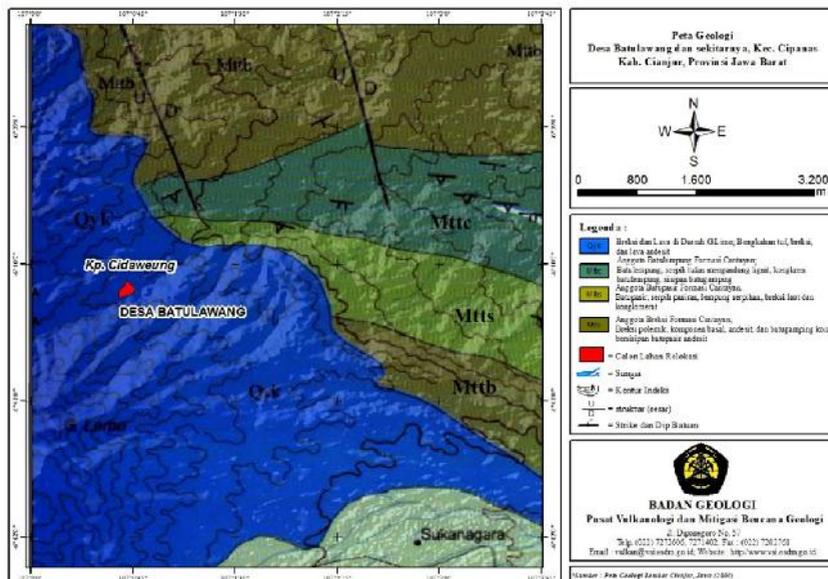
Gambar 2. Morfologi area Calon Lahan Relokasi di Kp. Cidaweung, Desa Batulawang, Kecamatan Cipanas, Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat.

Berdasarkan *Peta Geologi Lembar Cianjur* (Sudjatkiko, 2003), secara regional lokasi calon lahan relokasi tersusun oleh Breksi dan Lava di Daerah Gunung Limo (Qyk), yang terdiri dari Bongkahan tuf, breksi dan lava andesit. Terdapat sesar pada batuan tua dibagian utara.

Berdasarkan pengamatan dilapangan, batuan di calon lahan relokasi tersusun atas breksi vulkanik, setempat lava dan tanah hasil pelapukan batuan produk gunungapi berwarna coklat muda – coklat tua mempunyai ketebalan 2 – 3 meter.



Gambar 29. Batuan penyusun daerah calon lahan relokasi berupa breksi dan tanah pelapukan batuan produk gunungapi.



Gambar 30. Peta Geologi Calon Lahan Relokasi di Kp. Cidawung, Desa Batulawang, Kecamatan Cipanas, Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat.

Kondisi keairan di lokasi calon lahan relokasi cukup melimpah. Sumber air yang akan dipergunakan penduduk berasal dari mata air dan sungai Cinangkod yang disalurkan melalui selang maupun pipa. Berdasarkan analisis bawah permukaan menggunakan geolistrik, zona jenuh air terdapat pada kedalaman kurang lebih 10 meter. Aliran air permukaan pada lereng bagian atas area calon lahan relokasi tidak tertata dengan baik, tidak ada saluran air yang mengontrol alirannya. Terdapat sungai Cibeet disebelah selatan lokasi ini.



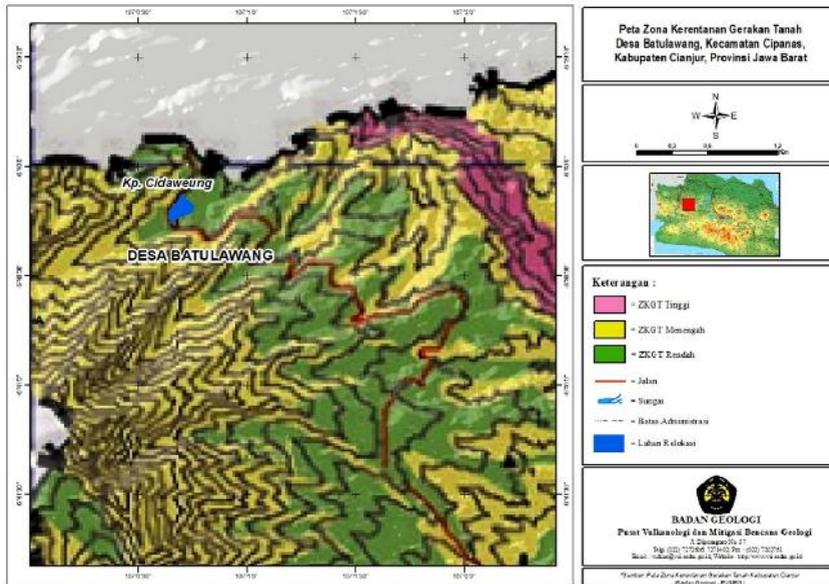
Gambar 31. Jalan puncak 2 (lereng bagian atas area calon lahan relokasi) tidak terdapat saluran pembuangan perlu dibuatkan saluran air pada kedua sisi jalan agar tidak menjenuhi daerah calon lahan relokasi yang berada pada lereng bagian bawah jalan;

Penggunaan lahan di calon lahan relokasi ini pada lereng bagian bawah didominasi oleh kebun campuran yang digunakan oleh masyarakat di tanah HGU milik PT. MPM dan anak sungai Cibeet pada bagian bawah. Pada lereng bagian tengah yang berbatasan dengan bagian atas daerah calon lahan relokasi merupakan jalan dan lereng bagian atas berupa kebun campuran dan tegalan.



Gambar 32. Tata guna lahan berupa kebun dan tegalan Calon Lahan Relokasi di Kp. Cidaweung, Desa Batulawang, Kecamatan Cipanas, Kabupaten Cianjur.

Berdasarkan *Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah di Kabupaten Cianjur* (PVMBG-Badan Geologi), daerah gerakan tanah termasuk dalam Zona Kerentanan Gerakan Tanah/ Longsor Rendah. Artinya, daerah yang mempunyai tingkat kerentanan rendah untuk terkena gerakan tanah. Umumnya pada zona ini jarang terjadi gerakan tanah jika tidak mengalami gangguan pada lereng, dan jika terdapat gerakan tanah lama, lereng telah mantap kembali. Gerakan tanah berdimensi kecil mungkin dapat terjadi, terutama pada tebing lembah (alur) sungai.



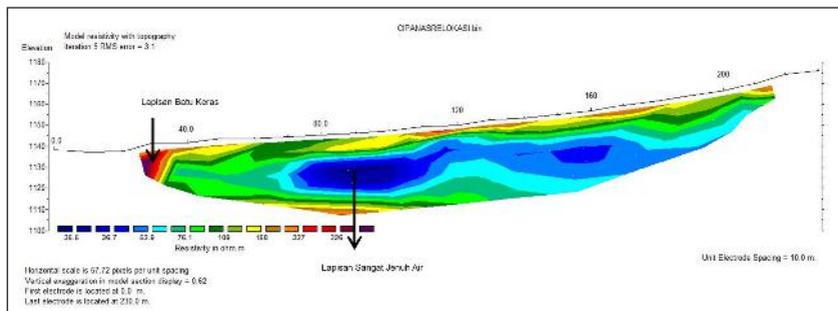
Gambar 33. Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Lokasi Calon Lahan Relokasi di Kp. Cidaweung, Desa Batulawang, Kecamatan Cipanas, Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat.

Pengukuran geolistrik dilakukan dengan menggunakan satu buah lintasan yang memanjang dari arah Barat - timur sepanjang 240 m. Pengukuran ini menggunakan 24 buah elektroda dengan interval jarak antar elektroda 10 meter, dengan menggunakan konfigurasi Wenner-Schlumberger. Konfigurasi tersebut tidak terlalu sensitif terhadap perubahan horisontal tetapi memiliki penetrasi arus yang dalam, sehingga baik digunakan untuk survei kedalaman. Berdasarkan konfigurasi yang dilakukan, diperoleh pola resistivitas dengan nilai RMS (*root-mean-squared*). Penampang resistivitas konfigurasi Wenner-Schlumberger diperoleh melalui 5 kali iterasi dan menghasilkan nilai RMS sebesar 3.1%, nilai resistivitas berada pada rentang 25.5- 326 Ω m. Injeksi arus mencapai kedalaman 40 m, yang mana pada ketebalan tersebut terdapat lapisan-lapisan yang memiliki nilai resistivitas yang berbeda-beda. Dari hasil penampang bawah permukaan, terlihat adanya lapisan yang jenuh air mulai dari kedalaman 10 meter di bawah permukaan tanah. Nilai resistivitas yang rendah pada lapisan ini mengindikasikan wilayah ini mayoritas tersusun oleh batuan lunak dengan nilai resistivitas

antara 25.5 – 109 Ω m. Pada lapisan atas terdapat batuan dengan nilai resistivitas cukup tinggi hingga di atas 158 Ω m, yang mengindikasikan lapisan ini tersusun oleh batuan yang cukup keras. Berdasarkan hasil pengukuran geolistrik di atas, lokasi calon relokasi berada pada batuan yang aman digunakan untuk pemukiman, dengan syarat penataan drainase di sekitar lokasi harus di buat dengan baik.



Gambar 34. Proses pengambilan data bawah permukaan menggunakan alat geolistrik.

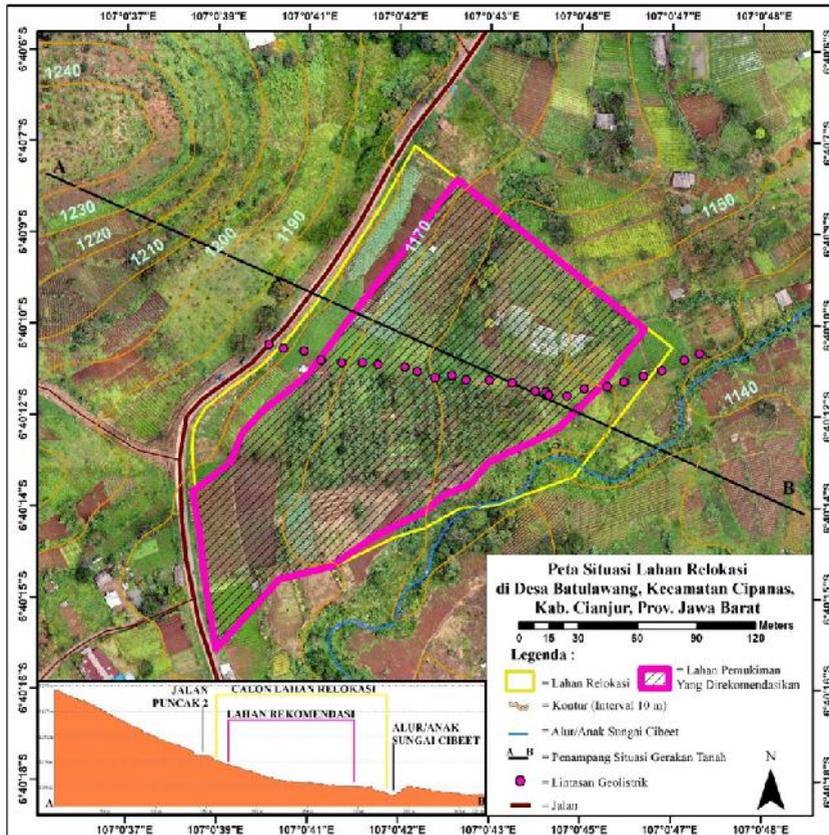


Gambar 35. Penampang resistivitas batuan (kondisi bawah permukaan) Lokasi Calon Lahan Relokasi di Kp. Cidaweung, Desa Batulawang, Kecamatan Cipanas, Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat.

Secara umum tidak terlihat adanya potensi gerakan tanah pada calon lahan relokasi yang telah ditentukan dan tidak ditemukan adanya retakan baru, tetapi menurut masyarakat setempat pernah terjadi pergerakan tanah berupa jatuhnya batu dan retakan pada bukit yang berada di lereng atas lahan relokasi tersebut. Jejak banjir bandang ditemukan pada aliran dan sepadan sungai Cinangkod berupa bongkah-bongkah batu bekas banjir bandang.



Gambar 36. Aliran sungai yang pernah terlanda banjir bandang.



Gambar 37. Peta Situasi dan Penampang Lokasi Calon Lahan Relokasi di Kp. Cidaweung, Desa Batulawang, Kecamatan Cipanas, Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat.

Daerah penyelidikan termasuk ke dalam Zona Kerentanan Gerakan Tanah Rendah, sehingga tidak semuanya dapat digunakan sebagai lahan relokasi, karena beberapa tempat dijumpai tebing dan berada pada alur sungai. Lokasi ini dinilai masih dapat dipergunakan dengan memenuhi syarat, sebagai berikut:

- a. Tebing pada lereng bagian atas jalan sudah terdapat tembok penahan (*retaining wall*) yang sudah mempunyai sistem drainase yang baik. Namun, tidak terdapat saluran pembuangan, untuk dibuatkan saluran air pembuangan berkonstruksi kecap air pada kedua sisi jalan agar kedepannya tidak menjenuhi daerah calon lahan relokasi yang berada pada lereng bagian bawah jalan;
- b. Lereng bagian bawah jalan yang berbatasan dengan calon lahan relokasi perlu dilakukan penguatan lereng/*retaining wall*/tembok penahan yang kokoh dan memenuhi syarat teknis. Dinding penahan disarankan menembus batuan dasar/keras dan dilengkapi lubang/saluran pembuangan air;
- c. Membuat saluran air permukaan/drainase (limpasan air hujan, rembesan mata air, dan limbah rumah tangga) dengan saluran berkonstruksi kecap air. Konstruksi kecap tersebut harus diteruskan sampai ke akhir pembuangannya yaitu ke sungai langsung agar tidak meresap dan menjenuhi tanah.
- d. Hindari kemungkinan adanya genangan air di daerah ini, air permukaan maupun limbah rumah tangga agar cepat terbuang ke sungai dengan saluran kecap atau pipa-pipa;
- e. Tidak membuat kolam, tampungan air atau lahan basah (sawah) di bagian atas, tengah dan kaki lereng untuk menghindari penjenuhan dan pembebanan lereng;
- f. Melakukan penataan lereng melalui proses rekayasa teknis yang baik sesuai kaidah geologi teknik;
- g. Lahan memiliki kemampuan dukung yang cukup baik bagi bangunan ringan (*low-risk buildings*) seperti bangunan kayu (rumah kayu/rumah panggung);
- h. Untuk bangunan pemukiman, lahan perlu dibuat berjenjang (*terasering*). Pematangan lereng agar dilakukan secara berjenjang/*terasering* dengan perbandingan minimal vertikal terhadap horisontal 1 : 2, apabila horisontal lebih besar akan lebih aman. Tidak membuat pematangan lereng dengan sudut lereng lebih besar dari 40% dengan tinggi lereng lebih dari 1,5 meter;

- i. Sebelum masuk pada tahap konstruksi sebaiknya melakukan penyelidikan kekuatan tanah dan kemantapan/kestabilan lereng rinci terkait kekuatan tanah pondasi baik pada posisi tanah asli maupun di tanah timbunan serta kaitannya dengan guncangan gempa;
- j. Untuk mengurangi risiko kerusakan akibat guncangan gempa bumi maka sebaiknya dilakukan kajian mikrozonasi untuk mengetahui nilai V_s30 yang secara tidak langsung dapat mencerminkan tingkat kekerasan litologi area tapak hunian yang mana hal ini juga merupakan salah satu dasar dalam desain rumah tahan gempa;
- k. Dari informasi penduduk setempat daerah sekitar calon lahan relokasi pernah terlanda bencana banjir bandang. Material bekas banjir bandang/aliran rombakan sebelumnya berupa bongkah bongkah batuan terdapat pada alur sungai dan daerah sepadan sungai. Kedepannya agar dilakukan beberapa hal berikut:
 - Menghindari penyumbatan sungai dan menjaga aliran air sungai terus mengalir lancar;
 - Merencanakan jalur sempadan sungai dan jalur buffer vegetasi berakar kuat disepanjang batas alur sempadan sungai dengan pemukiman;
 - Jarak sempadan sungai dengan pinggir sungai minimal 2 x lebar sungai, perlu kajian lebih lanjut untuk penentuan zona sempadan sungai;
 - Menjaga tetap lestari hutan dan vegetasi di kawasan hutan perbukitan di hulu sungai dan sepanjang alur lembah sungai;
- l. Perlu penanaman pohon-pohon keras berakar kuat dan dalam yang dapat berfungsi mengikat tanah pada lereng, tumbuhan (vegetasi) yang ada disekitar lahan relokasi supaya dipertahankan dan tidak ditebang untuk menjaga daya dukung lingkungan terhadap lahan relokasi.
- m. Penataan kawasan relokasi tersebut agar dilakukan dengan memperhatikan rekomendasi dan pedoman teknis terutama desain konstruksi yang diberikan oleh institusi yang berwenang;

Kondisi Sekarang dan Upaya Mitigasinya

Satu tahun telah berlalu sejak terjadinya Gempa Cianjur tanggal 21 November 2022. Kejadian tersebut tidak hanya menimbulkan korban jiwa dan kerusakan pemukiman akibat gempa, tetapi juga menimbulkan bencana sekunder seperti gerakan tanah dan aliran bahan rombakan. Konsep *build back better and safer* pada lokasi relokasi di Sirnagalih dan Mande merupakan konsep pengembangan pengurangan risiko ini

merupakan perubahan paradigma dalam mitigasi bencana dalam upaya dalam membangun pembangunan yang lebih tangguh atas ancaman bahaya geologi.

Kondisi Lahan Relokasi Sirnagalih dan Penanganan Rekayasa Geoteknik



Kondisi Lahan Relokasi Mande dan Penanganan Rekayasa Geoteknik



Pembangunan area relokasi masyarakat telah lama menjadi kebijakan yang paling tidak disukai dalam pembangunan (ADB, 1998). Relokasi mengganggu cara hidup yang mapan, jaringan sosial (Rohe dan Mouw 1991), dan jaringan sosial Viratkapen V (Perera R. Slum, 2006). Terlepas dari kelemahan-kelemahan ini, relokasi masyarakat, terutama sebagai tindakan kolektif, sangat penting untuk dipertimbangkan dalam memitigasi kerugian akibat bencana di masa depan (Iuchi, K, 2016). Demikianlah pengertian tata kelola keberhasilan relokasi menjadi semakin penting karena dianggap sebagai strategi pengurangan risiko yang penting.

Dalam hal ini, pendekatan "Build Back Better and Safer" berperan dalam mitigasi karena tidak hanya sekadar membangun kembali rumah atau bangunan yang hancur tetapi membangun masyarakat yang tangguh bencana dan harus memperhatikan aspek penghidupan

masyarakat setelah direlokasi selain juga pembangunan lahan relokasi sudah selayaknya memperhatikan potensi dan jenis bahaya pada lokasi tersebut dan upaya penanganannya. Penanggulangan terhadap ancaman bahaya geologi tersebut masih mampu tidak diantisipasi terhadap rekayasa engineering yang ada.

Pada praktiknya, secara umum tidak terlihat adanya potensi gerakan tanah pada lahan huntap yang telah ditentukan dan tidak ditemukan adanya retakan baru dan diinformasikan belum pernah terjadi pergerakan tanah di lokasi calon lahan relokasi tersebut. Lahan memiliki kemampuan dukung yang cukup baik bagi bangunan ringan (low-risk buildings) sebagaimana diperlukan bagi pembangunan huntap. Pada topografi yang relatif curam perlu dilakukan penilaian kemandapan lereng area huntap terhadap titik terendah yang terdekat yaitu terhadap sungai terdekat untuk mengetahui kemandapan lereng secara keseluruhan untuk memastikan keamanan area huntap jangka panjang dengan memperhatikan faktor pemicunya seperti curah hujan dan kegempaan. Perkiraan arah aliran kontaminan air tanah yg berasal dari sampah TPA, berdasarkan analisa kontur muka air tanah, relatif berarah tenggara-barat daya. Jarak TPA dengan area relokasi ± 200 meter, apabila mengacu pada SNI 03-3241-1994 yang menyatakan bahwa jarak terhadap sumber air minum harus lebih besar dari 100 meter dihilir aliran air tanah, maka area relokasi ini masih termasuk dalam kriteria aman. Hasil analisis geologi lingkungan, area relokasi termasuk dalam kesesuaian lahan menengah karena kelerengan dominan relatif datar-landai sedikit curam bagian utara, daya dukung tanah/batuan cukup baik, potensi gerakan tanah rendah, tetapi memiliki potensi ketersediaan air tanah rendah.

Oleh karena itu, diperlukan minimal 4 unit sumur bor untuk memenuhi rencana pembangunan 200 unit rumah dengan syarat konstruksi bangunan tahan gempa karena berada dalam KRB gempa bumi tinggi. Area relokasi relatif aman dari potensi banjir akibat luapan Sungai Cibinong karena ketinggian lahan Huntap Sirnagalih sekitar 25 – 30 m di atas permukaan Sungai Cibinong. Secara umum kalau dari aspek kegempaan relatif aman krn tdk ada FSR (Fault Surface Rupture) dan zona Flow Liquefaction. Namun, untukantisipasi akibat guncangan gempa bumi yang mungkin terjadi maka perlu dilakukan rekayasa bangunan tahan gempa bumi.

Lahan relokasi Mande juga disiapkan untuk 200 unit rumah dan pada saat ini telah serah terima kunci. Dalam konsep pengurangan risiko kerusakan secara umum dari aspek kegempaan relatif aman karena tidak dijumpai FSR (Fault Surface Rupture) dan zona Flow Liquefaction. Namun, untukantisipasi akibat guncangan gempa bumi yang mungkin terjadi maka

perlu dilakukan rekayasa bangunan tahan gempa bumi. Kondisi lahan relokasi Mande memiliki kemiringan lahan yang lebih besar daripada bagian selatan hantap sehingga perlu melakukan penataan lereng melalui proses rekayasa teknis sesuai kaidah geoteknik. Perlunya perlandaian dan perkuatan lereng, pematangan lahan, penataan drainase, rekayasa keteknikan pada rembesan air, dan antisipasi pencemaran pada mata air merupakan hal yang perlu dilakukan untuk menjaga kestabilan lereng sehingga aman untuk ditempati.

Selanjutnya, lahan relokasi Cipanas disiapkan untuk 147 rumah. Lahan yang direncanakan bagi lokasi hunian tetap berada di atas lapisan yang tersusun oleh batuan yang cukup keras. Lapisan tanah ini akan berfungsi sebagai tanah pondasi bagi hunian tetap yang memberikan kemampuan dukung yang baik. Jalan masuk ke area lokasi merupakan jalan perkebunan dan sudah terdapat instalasi listrik yang memadai. Kemiringan lereng calon hantap agak curam-curam ke arah lembah sungai, yang direkomendasikan untuk digunakan sebagai pemukiman adalah yang memiliki kemiringan lereng yang relatif lebih landai. Dikarenakan adanya sejarah terjadinya banjir bandang maka, disarankan untuk memberikan jarak sempadan sungai dengan pinggir sungai sebagai zona buffer. Lahan memiliki daya dukung yang cukup baik bagi bangunan ringan (*low-risk buildings*) sebagaimana diperlukan bagi pembangunan hantap. Pada topografi yang relatif curam perlu dilakukan penilaian kemantapan lereng area hantap untuk mengetahui kemantapan lereng secara keseluruhan dan rekayasa keteknikan untuk memastikan keamanan area hantap dengan memperhatikan faktor pemicunya seperti curah hujan dan kegempaan. Lahan relokasi Cipanas memiliki potensi terkena guncangan gempa bumi, antisipasi akibat guncangan gempa bumi yang mungkin terjadi maka perlu dilakukan rekayasa bangunan tahan gempa bumi.

**Bekerja di unit-unit di lingkungan Badan Geologi.*

Epilog

Buku Bumi Cianjur Berguncang: Geologi Menyelidiki dan Memitigasi ini mengajak kita untuk menjelajahi berbagai aspek geologi dan risiko gempa bumi yang terkait dengan Kabupaten Cianjur dan sekitarnya. Di dalamnya tersaji pemahaman awal tentang wilayah ini hingga analisis mendalam mengenai peristiwa gempa bumi Cianjur pada 21 November 2022. Dengan demikian, kita telah bersama-sama menjalani perjalanan ilmiah yang memadukan pengetahuan tentang geologi, vulkanologi, dan mitigasi bencana.

Buku ini bermula dari dengan pengenalan terhadap Kabupaten Cianjur, sebuah wilayah yang penuh dengan keindahan alam, tetapi juga memiliki tantangan tersendiri terkait dengan risiko geologi. Kemudian, kita memahami tataan geologi Cianjur yang kompleks, yang mencakup keberadaan pegunungan, lembah, dan banyak fenomena geologi menarik lainnya.

Uraian berlanjut dengan pembahasan tentang sejarah gempa bumi di wilayah ini, yang telah tercatat dalam catatan sejarah oleh penulis di masa lalu dan sekarang, sekaligus mengingatkan bahwa risiko gempa bumi adalah bagian tak terpisahkan dari kehidupan di Cianjur. Kemudian, pembahasan beralih ke faktor-faktor yang memicu gempa bumi, terutama peran tektonika lempeng dalam menggerakkan bumi di wilayah ini. Ada pula tulisan khusus yang merupakan investigasi mendalam tentang gempa bumi di Cugenang dan upaya untuk mengungkap misteri genetika gempa di Cianjur guna memahami lebih baik cara menghadapinya di masa depan.

Sumber gempa bumi daerah Cianjur tersaji dalam tulisan khusus dalam kerangka memahami sumber-sumber potensial dari gempa bumi di daerah Cianjur. Demikian pula gambaran bawah permukaan kejadian gempa Cianjur 2022 berdasarkan data geofisika yang dapat memberikan gambaran lebih baik tentang apa yang terjadi di bawah permukaan tanah atas kejadian gempa bumi setahun silam itu. Dampak permukaannya yang telah merusak banyak infrastruktur dan mengubah kehidupan masyarakat setempat juga dijadikan satu tulisan.

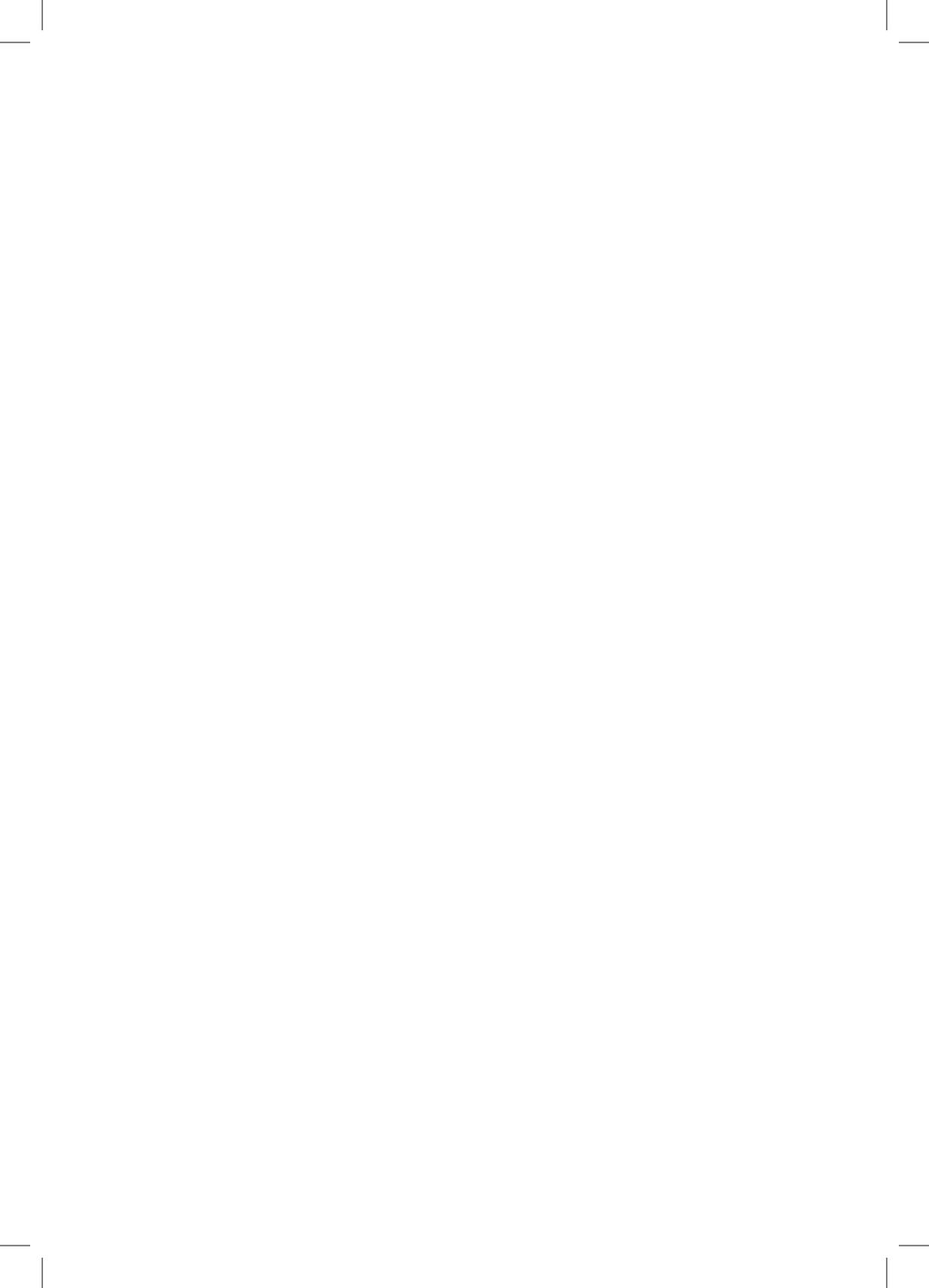
Tulisan selanjutnya mengeksplorasi dan menjawab apakah adakah hubungannya antara gempa bumi Cianjur dengan aktivitas gunungapi di sekitarnya, terutama Gunung Gede; memahami pentingnya survei ground-penetrating radar dalam mendeteksi potensi bahaya pasca gempa bumi; menjelajahi berbagai jenis gerakan tanah yang bisa dipicu oleh gempa bumi di Cianjur; menyoroti upaya-upaya yang dilakukan untuk mengurangi risiko gempa bumi di Cugenang, yang merupakan langkah-langkah yang sangat penting untuk keselamatan masyarakat.

Dua tulisan terkakhir berkaitan dengan penataan ruang setelah terjadinya gempa bumi Cianjur. Tulisan “Geologi Tata Lingkungan Pasca Bencana Gempa Bumi Cianjur” berupa memahami pentingnya geologi tata lingkungan pasca bencana gempa bumi, termasuk bagaimana wilayah tersebut bisa dibangun kembali dengan lebih baik dan lebih aman. Dan tulisan “Build Back Better and Safer: Penataan pemukiman relokasi berbasis aspek kebencanaan pasca kerusakan Gempabumi Cianjur” mengeksplorasi konsep “Build Back Better and Safer” dalam konteks penataan pemukiman relokasi yang berfokus pada aspek kebencanaan pasca kerusakan akibat gempa Cianjur.

Merenungkan sejumlah tulisan yang dimuat dalam Bumi Cianjur Berguncang: Geologi Menyelidiki dan Memitigasi ini, kita diingatkan tentang pentingnya pemahaman dan kesiapsiagaan terhadap risiko geologi di berbagai wilayah. Di sini terbukti bahwa

geologi adalah kunci untuk merencanakan tata ruang yang lebih aman dan berkelanjutan di tengah tantangan yang tak terhindarkan yang dihadapi oleh Cianjur dan daerah sekitarnya.

Semoga pengetahuan yang telah kita peroleh dari tulisan ini dapat menjadi landasan bagi tindakan kita dalam melindungi dan membangun wilayah Cianjur serta daerah lainnya di seantero negeri yang kita cintai ini, sehingga Cianjur dan masyarakatnya dapat tetap berkembang dengan aman dan berkelanjutan.



Daftar Pustaka

- Abercrombie, R.E., Antolik, M., Felzer, K. & Ekstrom, G. (2001). "The 1994 Java Tsunami earthquake: Slip over a subducting seamount". *J. Geophys. Res.* 106(B4), 6595-6607.
- A. Belousov, A., Belousova, M., Krimer, D., Costa, F., Prambada, O., Zaennudin, A., Volcaniclastic stratigraphy of Gede Volcano, West Java, Indonesia: How it erupted and when, *J. Geophys. Res.* 301 (2015) 238-252, <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2015.05.018>.
- Abidin, H.Z., 2007, Penentuan posisi dengan GPS dan aplikasinya, PT. Pranya Paramita, 398 hal.
- ADB. 1998. Handbook on resettlement: a guideline to good practice. Manila: Asian Development Bank.
- Agustan, 2022. Deformasi Permukaan terkait Gempa Cianjur Mw 5.9 21 November 2022 berbasis Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR), National Research and Innovation Agency, Indonesia.
- Aki, K., Chouet, B., 1975, Origin of Coda Waves: source, attenuation and scattering effects, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 80:3322-3342, DOI: 10.1029/JB080i023p03322.
- Ammon, C.J., Kanamori, H., Lay, T. & Velasco, A.A. (2006). "The 17 July 2006 Java Tsunami Earthquake". *Geophys. Res. Lett.* 33, L24308, doi:10.1029/2006GL028005.
- Arifianti Y, Pamela, Prahara Iqbal, Sumaryono, Amalfi Omang, Hilda Lestiana. 2023, Susceptibility Assessment of Earthquake-induced Landslides: the 2018 Palu, Sulawesi Mw 7.5 Earthquake, Indonesia. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik (The Mining-Geology-Petroleum Engineering Bulletin)* UDC: 551:1 DOI: 10.17794/rgn.2023.3.4.
- Ariyanti, A., 2023, Penentuan Hiposenter dan Analisis Particle motion Gempa Vulkanik Dalam (VA) Gunung Gede Periode 2022, (Skripsi, Program Studi Fisika, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan)
- Avar, B.B., dan Hudyma, N.W., 2019, Earthquake Surface Rupture: A Brief Survey on Interdisciplinary Research and Practice from Geology to Geotechnical Engineering, <https://www.researchgate.net/publication/337365414>.
- Ayu, H. D., Susilo, A., Maryanto, S., & Hendrasto, M. (2013). Penentuan Struktur Internal Gunungapi Semeru Berdasarkan Citra Atenuasi Seismik. *Natural B*, 2(2), 145–152.
- Badan Geologi (2014), Kekayaan Tektonik di Indonesia (Puzzle), Georisk Project, Kerjasama Indonesia – Jerman, Bandung.
- Badan Pusat Statistik/ BPS, 2021, Kabupaten Cianjur Dalam Angka 2021, Katalog/Catalog : 1102001.3203, BPS.

- Barber, A. J., Crow, M. J., & Milsom, J. (Eds.). (2005). *Sumatra: geology, resources and tectonic evolution*. Geological Society of London.
- Berita BNPB, Pemutahiran data kebencanaan Gempa Cianjur hingga 29 November 2023.
- BMKG InaTEWS, 2022, Mekanisme Sumber Gempa Bumi Cianjur, 21 November 2022, <https://inatews.bmkg.go.id/web/detail?name=20221121132444&day=578>
- Brenguier, F., Shapiro, N., Campillo, M., Ferrazzini, V., Duputel, Z., Coutant, O., and Nercessian, A., 2008. Towards Forecasting Volcanic Eruptions using Seismic Noise. *Nature Geoscience*, 1 (2), p.126-130. DOI: 10.1038/ngeo104.
- Bull, W.B., 2007, *Tectonic Geomorphology of Mountain : a New Approach for Paleoseimology*, Blackwell Publishing: 316 pp.
- Clements, B., Hall, R., Smyth, H. R., & Cottam, M. A. (2009). Thrusting of a volcanic arc: a new structural model for Java. *Petroleum Geoscience*, 15(2), 159-174.
- Craig, T.J., Copley, A., dan Jackson, J., 2014, A reassessment of outer-rise seismicity and its implications for the mechanics of oceanic lithosphere, *Geophys. J. Int.* (2014) 197, 63–89, doi: 10.1093/gji/ggu013.
- Cruden, D.M., Varnes, D.J., 1996, *Landslide Types and Processes*, Transportation Research Board, U.S. National Academy of Sciences, Special Report, 247: 36-75.
- Dardji, N., T. Villemin, and J. P. Rampnoux (1994), Paleostresses and Strike-Slip Movement: The Cimandiri Fault Zone, West Java, Indonesia, *J. Southeast Asian Earth Sci.*, 9(1).
- Duputel, Z., Ferrazzini, V., Brenguier, F., Shapiro, N., Campillo, M., and Nercessian, A., 2009. Real Time Monitoring of Relative Velocity Changes using Ambient Seismic Noise at The Piton de la Fournaise Volcano (La Re'union) from January 2006 to June 2007. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 184 (1-2), p.164-173. DOI:10.1016/j.jvolgeores.2008.11.024
- Effendi, A.C., Kusnama, Hermanto, B., (2011), *Peta Geologi Lembar Bogor, Jawa, Pusat Survei Geologi, Bandung, Indonesia*.
- Gafoer S. dan Samodra, H., (1993), *Peta Geologi Indonesia, Lembar Jakarta, Skala 1:1.000.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung*.
- GFZ, 2022, Source Focal Mechanism, Java, Indonesia, 2022-11-21, <https://geofon.gfz-potsdam.de/old/eqinfo/event.php?id=gfz2022wulo>.
- Giraud, R.E., 2005. Guidelines for the Geologic Evaluation of the Debris Flow Hazards on Alluvial Fans in Utah, Utah Geological Survey.
- Hall, R. (2002). Cenozoic geological and plate tectonic evolution of SE Asia and the SW Pacific: computer-based reconstructions, model and animations. *Journal of Asian earth sciences*, 20(4), 353-431.
- Hall, R. (2009). Southeast Asia's changing palaeogeography. *Blumea-Biodiversity, Evolution and Biogeography of Plants*, 54(1-2), 148-161.

- Hall, R., Gower, D. J., Johnson, K. G., Richardson, J. E., Rosen, B. R., Rüber, L., & Williams, S. T. (2012). Sundaland and Wallacea: geology, plate tectonics and palaeogeography. *Biotic evolution and environmental change in Southeast Asia*, 82, 32.
- Hamilton, W.B. 1979. *Tectonics of the Indonesian Region*, Washington, U.S. Govt. Print. Off.
- Handley, H.K., Macpherson, C., Davidson, J.P., 2010. Geochemical and Sr–O isotopic constraints on magmatic differentiation at Gede Volcanic Complex, West Java, Indonesia. *Contrib. Mineral. Petrol.* 159 (6), 885–908.
- Hansen, A.; Franks, C.A.M. Characterisation and Mapping of Earthquake Triggered Landslides for Seismic Zonation, Proceedings of the Fourth International Conference on Seismic Zonation, Stanford, California, 1991, 149–195.
- Iuchi K. 2016. Planning systems for risk reduction and issues in pre-disaster implementation. In: Grieving S, Ubaura M, Tešliar J, editors. *Spatial planning and resilience following disasters*. Bristol: Policy Press; 2016. p. 231–55.
- Junghuhn, F., 1856. *Java-Album. Landschafts-Ansichten von Java*. Arnoldische Buchhandlung, Leipzig
- Katili, J.A. and Soetadi, R., 1971. Neotectonics and seismic zones of Indonesia. *Proc. R. Soc. N.Z. Bull.*, 9: 39-45.
- Keefer, D.K. Landslides Caused by Earthquakes. *Geological Society of America Bulletin*, 1984, 95, 406–421.
- Keefer, D. K. 2000. Statistical analysis of an earthquake-induced landslide distribution – the 1989 Loma Prieta, California event, *Engineering Geology* 58(3-4): 231-249
- Keefer, D.K. Investigating Landslides Caused By Earthquakes – A Historical Review. *Journal of Surveys in Geophysics*, 2002, 23, 473-51.
- Keller, E.A. dan Pinter, N., 1996, *Active Tectonic Earthquake, Uplift and Landscape*, Prentice hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458: 338 pp.
- Keller, E.A. dan Pinter, N., 2002, *Active Tectonic Earthquake, Uplift and Landscape*, Prentice hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458: 362 pp.
- Kertapati, E.K., 2006, *Aktifitas Gempabumi di Indonesia (Perspektif Regional Pada Karakteristik Gempabumi Merusak)*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, ISBN 979-010-X: 109 hal.
- KESDM, 2013, *Sejarah Letusan Gunung Gede*
- Koesmono M.; Kusnama; Suwarna, N. Geological Map of Sindangbarang and Bandarwaru Quadrangles, Java. Geological Research and Development Centre: Bandung, Indonesia. 1996.
- Koesmono M., Kusnam, dan N. Suwarna, 1996, *Peta Geologi Lembar Sindangbarang dan Bandarwaru, Jawa*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

- Krimer, D., 2015. Unraveling the evolution, Dynamics, and Time-Scales of Magmatic Processes Below Gede Volcano, West-Java, Indonesia, Kusumadinata K. dan Hamidi S., 1979, Gede, Data Dasar Gunungapi Indonesia, Direktorat Vulkanologi.
- Laporan Pemeriksaan Calon Lahan Relokasi Kecamatan Sirnagalih, Mande, dan Cipanas, Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat, Badan Geologi, Bandung.
- Lecocq, T., Caudron, C., and Brenguier, F., 2014. MSNoise, a Python Package for Monitoring Seismic Velocity Changes using Ambient Seismic Noise. *Seismological Research Letters*, 85 (3), p.715-72
- Marliyani, G.I., Arrowsmith, J.R. and Whipple, K.X., 2016. Characterization of slow slip rate faults in humid areas: Cimandiri fault zone, Indonesia *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*.
- Malod, J. A., Karta, K., Beslier, M. O., & Zen Jr, M. T. (1995). From normal to oblique subduction: Tectonic relationships between Java and Sumatra. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, 12(1-2), 85-93.
- Martodjojo, S., 2003, *Evolusi Cekungan Bogor Jawa Barat (Ringkasan Disertasi Doktor)*, Departemen Teknik Geologi, Institut Teknologi Bandung.
- McCalpin, J.P., 1996, *Paleoseismology*, Academic Press: 583 pp.
- McCalpin, J.P., 2009, *Paleoseismology (second edition)*, Academic Press: 613 pp.
- Metcalfe, I. (2011). Tectonic framework and Phanerozoic evolution of Sundaland. *Gondwana Research*, 19(1), 3-21.
- Nakano Maho, Chigira M, Chounsian Lim, and Sumaryono, 2015. Geomorphological and geological features of collapsing landslide induced by the 2009 Padang Earthquake. 10th Asian Regional Conference of IAEG.
- Newcomb, K.R., and W.R. McCann (1987), Seismic History and Seismotectonic of the Sunda Arc, *J. Geophys. Res.* 92(B1), 421-439.
- Ohmi S., Hirahara, K., Wada, H., Ito, K. Temporal variations of crustal structure in the source region of the 2007 Noto Hanto Earthquake, central Japan, with passive image interferometry, *Earth Planets Space*, 2008, vol. 60 (pg. 1069-1074).
- Park, R.G. (1983), *Foundation of Structural Geology*, 1st Edition, Published by Blackie & Son, ISBN 10: 021691311X /ISBN 13: 9780216913110.
- Pepen Supendi, Tom Winder, Nicholas Rawlinson, Conor Andrew Bacon, Kadek Hendrawan Palgunadi, Andean Simanjuntak, Andri Kurniawan, Sri Widiyantoro, Andri Dian Nugraha, Hasbi Ash Shiddiqi, Ardianto, Daryono, Suko Prayitno Adi, Dwikorita Karnawati, Priyobudi, Gayatri Indah Marliyani, Iswandi Imran, Jajat Jatnika, 2023, A conjugate fault revealed by the destructive Mw 5.6 (November 21, 2022) Cianjur earthquake, West Java, Indonesia, *Journal of Asian Earth Sciences* 257 (2023) 105830, <https://doi.org/10.1016/j.jseeas.2023.105830>.

- Peraturan Kepala (Perka) BNPB Nomor 2 Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (Permen ESDM) No. 15 Tahun 2021 adalah menyelenggarakan penyelidikan dan pelayanan di bidang vulkanologi dan mitigasi bencana geologi
- Peraturan Menteri ESDM Nomor 11 Tahun 2016 tentang Penetapan Kawasan Rawan Bencana Geologi
- Pusat Gempa Nasional, 2017, Peta Sumber dan bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017, ISBN 978-602-5489-01-3, Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Pusat Studi Gempa Nasional (PUSGEN), 2017, *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*, Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Rohe WM, Mouw S. 1991. The politics of relocation. *J Am Plann Assoc* 1991;57(1):57–68. <https://doi.org/10.1080/01944369108975472>.
- Rosid, M. S., & Siregar, H. (2017, July). Determining fault structure using first horizontal derivative (FHD) and horizontal vertical diagonal maxima (HVDM) method: A comparative study. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1862, No. 1). AIP Publishing.
- Ryan, W. B. F., S.M. Carbotte, J. Coplan, S. O'Hara, A. Melkonian, R. Arko, R.A. Weissel, V. Ferrini, A. Goodwillie, F. Nitsche, J. Bonczkowski, and R. Zensky (2009), Global Multi-Resolution Topography (GMRT) synthesis data set, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 10, Q03014, doi:10.1029/2008GC002332.
- Sassa, K and Gong Huiwang. 2007 Mechanism of landslide-triggered debris flows: Liquefaction phenomena due to the undrained loading of torrent deposits. In book: *Debris-flow Hazards and Related Phenomena* (pp.81-104) DOI:10.1007/3-540-27129-5_5
- Satyana, A. H., Prasetyo, A., & Rosana, M. F. (2021). Ciletuh Subduction, Southwest Java—new findings: nature, age, and regional implications. In *Proceedings, Indonesian Petroleum Association Forty-fifth Annual Convention & Exhibition* (pp. 173-180).
- Seed, H.B. Landslides During Earthquakes Due to Soil Liquefaction, *American Society of Civil Engineers, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, 1968, 94, 1053–1122.
- Sens-Schönfelder, C., Wegler, U. Passive image interferometry and seasonal variations of seismic velocities at Merapi Volcano, Indonesia, *Geophys. Res. Lett.*, 2006, vol. 33 pg. L21302 doi:10.1029/2006GL027797.
- Setyadji, I., Murata, I., kahar, J., Suparka, S. & Tanaka, T. (1997). "Analysis of GPS measurements in West-Java, Indonesia". *Ann. Disas. Prev. Res. Kyoto Univ.* 40, B-1, 27-33.
- SNI 13-6982.1-2004 tentang Pemeriksaan Lokasi Bencana Gerakan Tanah

- SNI 8291:2016 tentang Penyusunan dan Penentuan Zona Kerentanan Gerakan Tanah
- SNI 03-3241-1994 tentang Tata Cara Pemilihan Lokasi Tempat Pembuangan Akhir Sampah
- Situmorang dan Hadisantono, R., (1992). Peta geologi Gunungapi Gede, Cianjur, Jawa Barat, Direktorat Vulkanologi (sekarang Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi – Badan Geologi), Bandung.
- Soehami, A. dan Padmawidjaja, T., (2002), Seismotectonics and Seismic Hazard – Risk Assessment of the the Cianjur Destructive Earthquake on November 21st, 2022. (komunikasi pribadi).
- Soehaimi, A., Kertapati, E.K., dan Setiawan, J.H., (2004), Seismotektonik dan Parameter Dasar Teknik Kegempaan Wilayah Jawa Barat, Lokakarya Cekungan Bandung Geodinamika, Permasalahan dan Pengembangannya, Bandung Tanggal 21 - 22 Desember 2004, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Soehaimi, A., Sopyan, Y., Ma'mur, dan Agustin, F., 2021, Peta Patahan Aktif Indonesia (skala 1 : 5.000.000), Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- SOP Standar Pelayanan No. 31.K/GL.01/BGV/2023 tentang Standar Pelayanan PVMBG Penerimaan Lapor Bencana dan atau Permintaan Kaji Cepat
- Sudjarmiko, 1972, Peta Geologi Lembar Cianjur, Jawa, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sudjarmiko, (2003), Peta Geologi Lembar Cianjur, Jawa, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, Indonesia.
- Sukanto, R., (1975), Peta Geologi Lembar Jampang dan Balekambang, Jawa, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, Indonesia.
- Sulaiman, C., dan Omang, A., 2014, Peta Kawasan Rawan Bencana Gempa Bumi Provinsi Jawa Barat (skala 1 : 500.000), Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Sumaryono, Wahyudi, D., Muslim D., Sulaksana N., Wafid, A. N., Yunara, D, T. Hidayati, S., 2015. Control Morphology to the Landslide induced by Eartquake; Case Study padang Pariaman, Sumatra. 10th Asian Regional Conference of IAEG.
- Sumintadireja, P., Dahrin, D., & Grandis, H. (2018). A note on the use of the second vertical derivative (SVD) of gravity data with reference to Indonesian cases. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 50(1), 127-139.
- Supartoyo, E. T. Putranto, and Djadja (2005), *Active faults and Destructive Earthquake Epicenter Distirbution Map of Indonesia*.
- Supartoyo, I. A., Sadisun, E., & Suparka, A. (2013). Cimandiri Fault Activity at Sukabumi Area, West Java, Indonesia (Based on Morphometry Analysis). *Proceeding of the ISEGA I*, Bandung, Indonesia, 13.

- Supartoyo, Surono, dan Tofani, E., 2014, Katalog Gempa Bumi Merusak Indonesia Tahun 1612 – 2014 (Edisi Kelima), Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral: 159 hal.
- Supartoyo, 2019, Mengenal Lebih Dekat Sesar Cimandiri, Buletin Geologi Tata Lingkungan Vol 29 nomor 1, ISBN 20566777, hal. 35-39.
- Supendi, P., Winder, T., Rawlinson, N., Bacon, C. A., Palgunadi, K. H., Simanjuntak, A., ... & Jatnika, J. (2023). A conjugate fault revealed by the destructive Mw 5.6 (November 21, 2022) Cianjur earthquake, West Java, Indonesia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 105830.
- Suranta, 2009 Gerakan Tanah dipicu Gempa Bumi Jawa Barat 2 September 2009 di Kp. Cikangkareng, Kecamatan Cibinong, Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat. *Bulletin Volcanologdan Mitigasi Bencana*, vol. 4 no. 3, 53-57.
- Tjia, H.D. (1968), The Lembang Fault, West Java, *Geologie En Mijnbouw*, 47(2), pp. 126-130.
- Undang Undang (UU) Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana.
- USGS, 2022, Source Focal Mechanism, M5.6, 18 km WSW of Ciranjang hilir, Indonesia, <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us7000ir9t/moment-tensor>
- Viratkapana V, Perera R. 2006. Slum relocation projects in Bangkok: what has contributed to their success or failure? *Habitat Int* 2006;30(1):157–74. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2004.09.002>.
- Visser, S.W. (1922), Inland and Submarine Epicentra of Sumatera and Java Earthquakes, *Javache Boekhandel En Drukkerij*.
- Walker, M., 2008, Quaternary Dating Methods, John Wiley & Sons, Ltd, 286 pp.
- Wasowski, J.; Keefer, D.K.; Lee, C.T. Toward the next generation of research on earthquake induced landslides: Current issues and future challenges. *Journal of Engineering Geology*, 2011, 122, 1-8.
- Wegler U., Sens-Schönfelder C. Fault zone monitoring with passive image interferometry, *Geophys. J. Int.*, 2007, vol. 168 (pg. 1029-1033).
- Wegler, U., Nakahara, H., Sens-Schönfelder, C., Korn, M., Shiomi, K. Sudden drop of seismic velocity after the 2004 MW 6.6 mid-Niiigata earthquake, japan, observed with passive image interferometry, *J. geophys. Res.*, 2009, vol. 114 pg.B06305 doi:10.1029/2008JB005869.
- Wells, D.L., dan Coppersmith, K.J., 1994, New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area and Surface Displacement, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 84, no. 4, August 1994, 974 – 1002.
- Wichmann, C E A. (1918). *Die Erdbeben des indischen Archipels bis zum Jahre 1857*. (Amsterdam: Muller).
- Yin, Y.P.; Wang, F.W.; Sun, P. Landslide hazards triggered by the 2008 Wenchuan earthquake, Sichuan, China. *Landslides*, 2009, 6, 139–152.
- Yong Hong, Xianzhang Ling and Keqiang He. 2021. Effects of sliding liquefaction on homogeneous loess landslides in western China. www.nature.com/scientificreports/2021:11:11941.



Website

- <https://id.m.wikipedia.org>
- <https://radarsukabumi.com/jawa-barat/cianjur/sejarah-kabupaten-cianjur-pernah-jadi-ibukota-periangan/>
- <https://web.cianjurkab.go.id/>
- <https://www.gotravelly.com/blog/5-fakta-cianjur-kota-dengan-beragam-julukan/>
- <https://www.liputan6.com/lifestyle/read/4533511/6-fakta-menarik-seputar-cianjur-lumbang-beras-pandan-wangi>
- <https://cianjur.jabarekspres.com/2023/07/12/raden-aria-wira-tanu-bupati-pertama-di-kabupaten-cianjur/>
- <https://duniapendidikan.co.id/asal-usul-kota-cianjur/>
- <https://www.detik.com/jabar/budaya/d-6174554/membaca-makna-tiga-pilar-budaya-di-cianjur-ngaos-mamaos-maenpo>
- <https://dpmptsp.cianjurkab.go.id/post/read/194/potensi-sektor-pertanian.html>
- <https://penamas.id/sejarah-penemuan-beras-pandanwangi-asli-cianjur/>
- <https://historia.id/politik/articles/ibu-kota-pindah-dari-cianjur-ke-bandung-6lgy/page/1>
- <https://www.hallo.id/nusantara/288571644/asal-usul-nama-cianjur-yang-sejarahnya-dapat-ditelusuri-pada-masa-kerajaan-sunda>
- <https://regional.kompas.com/read/2022/06/05/225046778/asal-usul-kota-cianjur-kisah-kepatuhan-warga-memenuhi-anjuran-pemimpin?page=all>
- <https://ahmadnajib.files.wordpress.com/2012/07/peta-priangan.jpg>
- <https://web.cianjurkab.go.id>
- <https://ahmadnajib.files.wordpress.com/2012/07/peta-priangan.jpg>
- <https://vsi.esdm.go.id>, Laporan Dan Rekomendasi Teknis Gempa Bumi Tanggal 21 November 2022 Di Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat, diunduh tanggal 14 Desember 2022.
- https://id.wikipedia.org/wiki/Gempa_bumi_Cianjur_2022,
- <https://news.republika.co.id/berita/rmyrgb368/korban-meninggal-dunia-akibat-gempa-cianjur-602-jiwa>, Korban Meninggal Dunia Akibat Gempa Cianjur 602 Jiwa (diunduh tanggal 12 Februari 2023).



Senarai Kata

Air: semua air yang terdapat pada, di atas atau di bawah permukaan tanah, termasuk air laut yang berada di darat.

Air Permukaan: Air yang terdapat pada permukaan tanah

Air Tanah: Air yang terdapat di dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah

Akuifer: lapisan batuan jenuh Air Tanah yang dapat menyimpan dan meneruskan Air Tanah dalam jumlah cukup dan ekonomis.

Akuifer Tertekan: Akuifer yang dibatasi di bagian atas dan bawahnya oleh lapisan kedap air.

Akuifer Tidak Tertekan: Akuifer yang dibatasi di bagian atasnya oleh muka Air Tanah bebas dan di bagian bawahnya oleh lapisan kedap air.

Ancaman bencana: suatu kejadian atau peristiwa yang bisa menimbulkan bencana.

Banjir: peristiwa terbenamnya daratan (yang biasanya kering) karena volume air yang meningkat

Barang tambang: mineral/bahan yang terkandung di dalam bumi dan dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia.

Batuan: himpunan mineral sejenis atau tidak sejenis yang satu dan lainnya terikat, baik berbentuk gembur maupun padat.

Bahaya ikutan: jenis bahaya gempa bumi selain guncangan dan sesar permukaan, yang meliputi retakan tanah, penurunan tanah, tanah bergelombang, gerakan tanah dan likuefaksi. Istilah lainnya bahaya ikutan adalah bahaya sekunder.

Bencana: peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor nonalam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis.

Bencana alam: bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor.

Bencana nonalam: bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau rangkaian peristiwa nonalam yang antara lain berupa gagal teknologi, gagal modernisasi, epidemi, dan wabah penyakit.

Bentang Alam: suatu unit yang dikategorikan berdasarkan kesamaan karakteristik genesa utama, relief, iklim, dan karakteristik batuaninya.

Continental drift: pergeseran horizontal benua yang menyebabkan perubahan letak satu benua terhadap benua yang lain.

Continental shelf: bagian benua yang tergenang laut, merupakan dasar laut yang dalamnya kurang dari 200 m dan reliefnya hampir datar berbatasan dengan *slope*.

Dataran rendah: dataran yang memiliki ketinggian tidak lebih dari 200 m dari permukaan air laut.

Dataran tinggi: kawasan di antara dataran rendah dan pegunungan.

Daya Tarik Wisata: segala sesuatu yang memiliki keunikan, keindahan, dan nilai yang berupa keanekaragaman kekayaan alam, budaya, dan hasil buatan manusia yang menjadi sasaran atau tujuan kunjungan wisatawan.

Destinasi Pariwisata: kawasan geografis yang berada dalam satu atau lebih wilayah administratif yang di dalamnya terdapat daya tarik wisata, fasilitas umum, aksesibilitas, serta masyarakat yang saling terkait dan melengkapi terwujudnya kepariwisataan.

Endogen: gaya dari dalam bumi.

Engineered building : bangunan yang dirancang tahan terhadap guncangan gempa bumi. Kata lainnya adalah bangunan tanah gempa bumi. Kebalikannya adalah bangunan tidak tahan gempa bumi (*non engineered building*).

Eksogen: gaya dari luar bumi.

Episentrum: titik pada permukaan bumi yang terletak tegak lurus di atas pusat gempa yang ada di dalam bumi.

Erosi: pengikisan batuan dan tanah oleh suatu gerakan alam (air, es, angin, air laut).

Episentral: jarak antara sumber gempa dan stasiun pengamat gempa.

Episentrum: titik atau garis di permukaan bumi sebagai tempat gelombang gempa dirambatkan ke wilayah di sekitarnya.

Episentrum: titik di permukaan bumi tepat di atas hiposentrum tempat gelombang permukaan mulai dirambatkan.

Focal mechanism (*mekanisme sumber*) : Data pergerakan pertama gelombang gempa bumi untuk mengidentifikasi jenis kinematika sumber gempa bumi.

Formasi geologi: susunan batuan yang mempunyai keseragaman ciri-ciri geologis yang nyata, baik terdiri dari satu macam jenis batuan, maupun perulangan dari dua jenis batuan atau lebih yang terletak di permukaan bumi atau di bawah permukaan.

Garis bujur: garis yang menghubungkan Kutub Utara dan Kutub Selatan.

Garis lintang: garis yang sejajar dengan ekuator.

Gempa: bergetarnya lapisan litosfer dan permukaan Bumi karena sebab-sebab tertentu.

Gerakan tanah: proses pelepasan dan pemindahan massa batuan secara alami dari satu tempat ke tempat lain oleh suatu tenaga yang bergerak di atas permukaan bumi.

Gempa bumi: pelepasan energi secara tiba-tiba yang diteruskan melalui bumi ke segala arah dalam bentuk gelombang-gelombang seismik.

Gempa bumi merusak : kejadian gempa bumi yang mengakibatkan terjadinya korban jiwa, luka-luka, kerusakan bangunan dan kerusakan lingkungan.

Geosfer: lapisan kulit bumi.

Geografis: sistem yang bertugas mengumpulkan, mengatur, mengelola, menyimpan sampai menyajikan data (informasi) yang berkaitan dengan geografi.

Geologi: ilmu bumi khusus mengenai batu-batuan.

Geomorfologi: ilmu yang mempelajari bentuk-bentuk bumi.

Ground Penetrating Radar (GPR) : salah satu metode geofisika untuk mengidentifikasi kondisi bawah permukaan.

Hiposentrum: lokasi di bawah permukaan tanah yang memperlihatkan kedalaman tempat terjadinya gempa.

Hidrosfer: bagian bumi yang berupa air dalam bentuk cair dan zat-zat lain yang larut di dalamnya.

Hiposentrum: pusat gempa di bawah permukaan bumi.

Iklim: rata-rata kondisi cuaca tahunan dan meliputi wilayah yang luas.

Intrusi: batuan beku yang terbentuk karena peresapan magma ke dalam lapisan litosfer memotong atau menyisip di antara lapisan atmosfer itu, di antaranya dikes, sills (keping intrusi), apofisa, dan lakolit.

Infiltrasi: proses peresapan air melalui lapisan-lapisan tanah.

Intraslab: sumber gempa bumi dari zona penunjaman dengan kedalaman lebih dari 40 km. Apabila kedalaman dangkal kurang dari 40 km disebut megathrust.

Kawasan Rawan Bencana Gunung Api: kawasan yang pernah terlanda atau diidentifikasi berpotensi terancam bahaya erupsi gunung api baik secara langsung maupun tidak langsung.

Kawasan Rawan Bencana Gempa Bumi: daerah yang memiliki potensi terhadap ancaman bahaya gempa bumi.

Kawasan Rawan Bencana Tsunami: daerah yang memiliki potensi terhadap ancaman bahaya tsunami.

Keadaan Darurat Bencana: suatu keadaan yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan sekelompok orang/masyarakat yang memerlukan tindakan penangan segera dan memadai.

Kesiapsiagaan: serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mengantisipasi bencana melalui pengorganisasian serta melalui langkah yang tepat guna dan berdaya guna.

Konservasi Air Tanah: upaya memelihara keberadaan serta keberlanjutan keadaan, sifat, dan fungsi Air Tanah agar senantiasa tersedia dalam kuantitas dan kualitas yang memadai untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup, baik pada waktu sekarang maupun yang akan datang.

Kondisi Air Tanah: keadaan Air Tanah pada suatu saat yang mencakup kuantitas dan kualitas Air Tanah dalam suatu sistem Akuifer.

Korban bencana: orang atau kelompok orang yang menderita atau meninggal dunia akibat bencana.

Kualitas Air Tanah: sifat fisika, kandungan kimia, serta kandungan bakteri Air Tanah.

Lanau: kepingan atau butiran batu yang lebih kecil dari pasir halus tetapi lebih besar dari lempung.

Lateral spreading: retakan tanah yang terjadi pada morfologi dataran hingga bergelombang, retakannya berbentuk melengkung dan mengarah ke lembah.

Laut: kumpulan air asin yang memisahkan benua atau pulau yang satu dengan benua atau pulau yang lain.

Lembah: bentuk muka bumi yang mencekung biasanya dikelilingi gunung atau pegunungan.

Lereng: daerah yang permukaan tanahnya miring.

Letak: posisi suatu tempat berdasarkan garis lintang dan garis bujur astronomis. Berdasarkan letak astronomisnya, Kepulauan Indonesia terletak antara 95° BT- 141° BT dan 6° LU- 11° LS.

Letak geografis: letak suatu tempat berdasarkan keadaannya di permukaan bumi.

Letak geologis: letak suatu daerah berdasarkan kondisi geologinya, terutama berdasarkan tatanan tektonik.

Likuefaksi: gejala peluluan pasir lepas yang bercampur dengan air akibat guncangan gempa bumi di mana gaya pemicu melebihi gaya yang dimiliki litologi setempat dalam menahan guncangan.

Lingkungan Air Tanah: lingkungan fisik yang terpengaruh oleh Kondisi Air Tanah.

Magma: batuan cair pijar yang terdiri atas berbagai mineral yang terdapat di dalam dapur magma dalam bentuk larutan silikat pijar yang mengandung unsur-unsur oksida, sulfida, gas, air, dan lain-lain, bersifat mobil dengan temperatur sekitar 1.1000 C- 1.2000 C, serta akan menjadi batuan beku setelah mengalami pendinginan.

Maar: gunung api yang kepundannya berbentuk corong dan dikelilingi oleh dinding kawah yang tidak tinggi.

Mata Air Permanen: mata air yang selalu mengalir sepanjang tahun.

Mitigasi: serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana.

Moment magnitude: satuan yang menggambarkan energi gempa bumi dengan memperhitungkan dimensi (Panjang dan lebar) sumber gempa bumi, ditulis Mw.

Muka Air Tanah: ketinggian permukaan Air Tanah suatu sistem Akuifer pada suatu lokasi dan waktu tertentu.

Offset: pergeseran akibat pergerakan sesar, bersifat vertikal dan horizontal atau kombinasi keduanya. Pergeseran horizontal bisa bersifat mengiri (*sinistral*) dan menganan (*dextral*).

Pariwisata: berbagai macam kegiatan wisata dan didukung berbagai fasilitas serta layanan yang disediakan oleh masyarakat, pengusaha, pemerintah, dan pemerintah daerah.

Paparan benua: dataran di dasar laut di sekeliling benua. Paparan benua berbentuk melandai.

Pegunungan: kelompok beberapa gunung.

Pelapukan: proses penghancuran massa batuan pembentuk litosfer menjadi bagian-bagian yang lebih kecil.

Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana: rangkaian upaya yang meliputi penetapan kebijakan risiko timbulnya bencana, kegiatan pencegahan, tanggap darurat, dan rehabilitasi.

Peringatan dini: serangkaian kegiatan pemberian peringatan sesegera mungkin kepada masyarakat tentang kemungkinan terjadinya bencana pada suatu tempat oleh lembaga yang berwenang.

Peta: suatu gambaran dari unsur-unsur alam dan/atau buatan manusia, yang berada di atas maupun di bawah permukaan bumi yang digambarkan pada suatu bidang datar dengan skala tertentu.

Rehabilitasi: perbaikan dan pemulihan semua aspek pelayanan publik atau masyarakat sampai tingkat yang memadai pada wilayah pascabencana dengan sasaran utama untuk normalisasi atau berjalannya secara wajar semua aspek pemerintahan dan kehidupan masyarakat pada wilayah pascabencana.

Rekonstruksi: pembangunan kembali semua prasarana dan sarana, kelembagaan pada wilayah pascabencana, baik pada tingkat pemerintahan maupun masyarakat dengan sasaran utama tumbuh dan berkembangnya kegiatan perekonomian, sosial dan budaya, tegaknya hukum dan ketertiban, dan bangkitnya peran serta masyarakat dalam segala aspek kehidupan bermasyarakat pada wilayah pascabencana.

Risiko bencana: potensi kerugian yang ditimbulkan akibat risiko bencana pada suatu wilayah dalam suatu kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilangnya mengungsi, kerusakan, atau kehilangan harta, dan gangguan kegiatan di masyarakat tertentu.

Sesar permukaan (*Fault Surface Rupture*): Robekan dari sumber gempa bumi di bawah tanah yang mencapai permukaan bumi, dan pergerakannya dapat vertikal, horizontal maupun kombinasi keduanya.

Skala intensitas gempa bumi: Skala yang menggambarkan respon objek dipermukaan bumi akibat guncangan gempa bumi. Skala intensitas gempa bumi yang umum dipergunakan adalah skala MMI (*Modified Mercally Intensity*) yang terdiri-dari 12 tingkatan.

Strike slip fault: patahan di muka bumi yang diakibatkan oleh dua tekanan horizontal yang berlawanan arah.

Seismograf: alat pengukur gempa.

Status Keadaan Darurat Bencana: suatu keadaan yang ditetapkan oleh pemerintah untuk jangka waktu tertentu atas dasar rekomendasi Badan yang diberi tugas untuk menanggulangi bencana terdiri atas Siaga Darurat, Tanggap Darurat, dan Transisi Darurat ke Pemulihan.

Status Siaga Darurat: keadaan ketika potensi ancaman bencana sudah mengarah pada terjadinya bencana yang ditandai dengan adanya informasi peningkatan ancaman berdasarkan sistem peringatan dini yang diberlakukan dan pertimbangan dampak yang akan terjadi di masyarakat.

Status Tanggap Darurat: keadaan ketika ancaman bencana terjadi dan telah mengganggu kehidupan dan penghidupan sekelompok orang/masyarakat.

Sumber gempa: tempat terjadinya gerakan pada struktur batuan.

Sungai: masa air tawar yang mengalir secara alamiah pada sebuah lembah mulai dari mata air atau hulu sampai ke muara atau hilir.

Sumber Daya Air: air, sumber air, dan daya air yang terkandung di dalamnya.

Sungai: bagian daratan berbentuk alur yang melekok tempat mengalirkan air ke daerah yang lebih rendah.

Tanah: tubuh alam atau gabungan tubuh alam sebagai hasil perpaduan proses, yaitu gaya perusakan dan pembangunan.

Tanggap darurat bencana: serangkaian kegiatan yang dilakukan dengan segera pada saat kejadian bencana untuk menangani dampak buruk yang ditimbulkan yang meliputi kegiatan penyelamatan dan evakuasi korban, harta benda, pemenuhan kebutuhan dasar, perlindungan, pengurusan pengungsi, penyelamatan, serta pemulihan sarana dan prasarana.

Tektonisme: tenaga yang bekerja di dalam litosfer berupa tekanan dengan arah vertical maupun mendatar yang mengakibatkan perubahan letak (dislokasi) lapisan-lapisan batuan.

Tektonik lempeng: teori tentang kedudukan, pergerakan, interaksi, dan

pengrusakan lempeng-lempeng. Menerangkan kegiatan gempa, kegungupian, pembentukan pegunungan dan peristiwa gunung api pada masa lalu dalam hubungannya dengan pergerakan lempeng.

Tsunami: berasal dari kata tsu = gelombang, nami = pelabuhan artinya gelombang laut yang melanda wilayah pantai akibat proses geologi (gempa bumi, erupsi gunung api, gerakan tanah atau longsor).

Vulkanisme: proses-proses yang berkaitan dengan kegiatan suatu gunung api, dapat berupa letusan baik eksplosif maupun efusif atau hal yang lain.

Wisata: kegiatan perjalanan yang dilakukan oleh seseorang atau sekelompok orang ke tempat tertentu untuk tujuan rekreasi, pengembangan pribadi, atau mempelajari keunikan daya tarik wisata yang dikunjungi dalam jangka waktu sementara.

Wisatawan: orang yang melakukan kegiatan wisata.

Zona Kerentanan Gerakan Tanah: suatu daerah/area yang mempunyai kesamaan derajat, kerentanan relatif untuk terjadi gerakan tanah.

Zona Konservasi Air Tanah: zona atau daerah yang ditentukan berdasarkan kesamaan kondisi daya dukung Air Tanah, kesamaan tingkat kerusakan Air Tanah, dan kesamaan pengelolaannya.

Zona Perlindungan Air Tanah: daerah yang karena fungsinya terhadap Air Tanah sangat penting sehingga dilindungi.

Zona Pemanfaatan Air Tanah: daerah yang Air Tanahnya dapat dimanfaatkan seperti kawasan budi daya.



Buku yang berjudul Bumi Cianjur Berguncang: Geologi Menyelidiki dan Memitigasi secara komprehensif mengulas aspek geologi serta risiko gempa bumi yang terkait dengan Kabupaten Cianjur beserta lingkungannya. Isinya tidak hanya memberikan pemahaman dasar mengenai wilayah tersebut, tetapi juga melakukan telaah mendalam tentang peristiwa gempa bumi yang mengguncang Cianjur pada 21 November 2022. Di dalamnya terulas berbagai aspek geologi Kabupaten Cianjur beserta upaya mitigasi terhadap risiko gempa bumi di wilayah tersebut. Mulai dari paparan awal mengenai karakteristik wilayah hingga analisis mendalam terhadap kejadian gempa bumi pada tanggal 21 November 2022, semua informasinya tersaji secara rinci dalam buku ini.



BADAN GEOLOGI

Jln. Diponegoro No. 57 Bandung 40122
Telp. 022-7215297 Faks. 022-7216444

ISSN 978-602-9109-94-0

