

VOL. I NO. I MARET 2011

GEO MAGZ

MAJALAH GEOLOGI POPULER

Sesar Lembang

Heartquake di Jantung Cekungan Bandung

Profil Kama Kusumadinata

Ahli Gunung Api Pembuat Peta Spidol

Danau Bandung Purba

Kedahsyatan Cinta Sang Kuriang
dan Letusan Gunung Sunda



ARTIKEL

-● Sesar Lembang, *Heartquake* di Jantung Cekungan Bandung 16
- Letusan Gunung Awu 2004, Letusan yang Dinanti 26 ●.....
- Danau Bandung Purba, Kedahsyatan Cinta Sang Kuriang dan Letusan Gunung Sunda 38
- Saatnya Beralih ke Energi Panas Bumi 48

Kokomes: Mencegah Longsor, Meningkatkan Ekonomi Perdesaan 56

RESENSI BUKU 66

Ketika Manusia Menghilang dari Atas Bumi ●.....

PROFIL 68

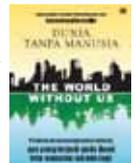
Kama Kusumadinata

GEOTREK 74

Longsor Gunung Api, Ciri Khas Gunung Papandayan

ESEI FOTO 80 ●.....

Ci Tarum, Urat nadi Jabar yang tercemar



Uraian tentang Kokomes dapat dilihat pada halaman 56

Geomagz, Majalah Geologi Populer **Pelindung** Kepala Badan Geologi **Pembina** Sekretaris Badan Geologi **Pemimpin Redaksi** Oman Abdurahman **Wakil Pemimpin Redaksi** Priatna **Sekretaris Redaksi** Syamsul Rizal Wittiri **Dewan Redaksi** Eddy Mulyadi, Rukmana N. Adhi, Budi Brahmantyo, Oki Oktariadi, T. Bachtiar, Moch. Nugraha Kartadinata, Imam, Santosa, Prima M. Hilman, Sinung Baskoro, Teuku Ishlah **Redaktur Pelaksana** Joko Parwata, Hadianto, Bunyamin, Wineta Andaruni, Wiguna **Penata Letak** Gunawan, Mohamad Masyhudi **Dokumentasi** Asep Sofyan, Titan Roskusumah, Sofyan Suwardi (Ivan), Fera Damayanti **Sekretariat** Dimas Ario Prasetyo, Fatmah Ughi, Nurul Husaeni **Distribusi** Rian Koswara, Budi Kurnia, Riantini

Sekretariat Redaksi: Badan Geologi, Gedung II Lt. 2 Pusat Sumber Daya Air Tanah dan Geologi Lingkungan, Jl. Diponegoro No. 57 Bandung Telp 022-72277393 e-mail: geomagz@bgl.esdm.go.id

Setiap artikel atau tulisan yang dikirim ke redaksi hendaknya ditik dengan spasi rangkap, maksimal 5000 karakter, ditandatangani dan disertai identitas. Untuk format digital dikirim ke alamat email geomagz@bgl.esdm.go.id. Setiap artikel/tulisan/foto atau materi apa pun yang telah dimuat di Geomagz dapat diumumkan/dialihwujudkan kembali dalam format digital maupun non digital yang tetap merupakan bagian Geomagz. Redaksi berhak melakukan penyuntingan naskah yang masuk.

Foto Sampul

Sesar Lembang bagian timur diambil dari Gunung Batu
Foto oleh: Sieling Go

Sambutan

Kepala Badan Geologi

Indonesia dikaruniai bumi yang sangat dinamis, yang membawa keberkahan untuk kehidupan. Namun dibalik keberkahan dengan potensi sumber daya alam yang berlimpah, kondisi geologi Indonesia juga dapat menimbulkan segala bencana, bila penduduknya kurang memiliki kesiapsiagaan menghadapi bahaya yang menjadi pemicu bencana itu. Dinamika bumi beserta upaya mitigasi bencananya merupakan bidang kajian bagi para ahli geologi yang dapat dijadikan tulisan ilmiah populer yang tidak akan ada habisnya. Menulis dalam bahasa yang mudah dipahami oleh masyarakat banyak inilah tantangan bagi para ahli geologi yang sudah terbiasa menulis karya tulis ilmiah.

Geomagz, Majalah Geologi Populer yang diterbitkan oleh Badan Geologi ini membawa misi untuk menyampaikan informasi kegeologian dalam bahasa populer, sehingga pesannya mudah dipahami oleh khalayak pembaca dari berbagai kalangan. Atas dasar itulah, Geomagz lahir.

Atas nama pimpinan Badan Geologi, kami menyambut baik terbitnya Geomagz yang idenya muncul pertengahan 2010. Saat itu disadari oleh para pengelola Warta Geologi, bahwa perlu adanya majalah yang memuat informasi geologi secara populer yang tidak dicampurkan dengan berita tentang kegiatan Badan Geologi. Sejak saat itu, konsep majalah geologi populer, yang akhirnya diberi nama Geomagz ini, dipersiapkan, dan terbit perdana pada Maret 2011. Sedangkan untuk media komunikasi seputar kegiatan Badan Geologi dan kegiatan geologi lainnya telah pula dipersiapkan buletin khusus, "Berita Geologi". Maka, sejak Triwulan I tahun 2011, penerbitan Warta Geologi resmi dihentikan, dan diganti dengan penerbitan Geomagz. Lahirnya Geomagz sebagai pengganti dari penerbitan majalah Warta Geologi yang telah terbit selama lima tahun sejak pertama kali Badan Geologi berdiri pada tahun 2006.

Dalam kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada pengelola Warta Geologi yang telah menerbitkan Warta Geologi secara konsisten hingga tahun 2010. Selain itu ucapan terimakasih kami sampaikan juga kepada para kontributor yang telah bersedia mengirimkan tulisan untuk dimuat di Warta Geologi.

Akhirnya kepada para pengelola Geomagz, kami ucapkan selamat bekerja. Semoga majalah baru ini bermanfaat, khususnya bagi kemajuan geologi di Indonesia. ■



R. Sukhyar



Aliran asli Ci Tarum setelah disodet, menjadi seperti kolam. Di Kampung Mahmud, Kopo, masyarakat mengurungnya dengan tanah sehingga kita bisa menyeberanginya (Foto: Budi Brahmantyo).

Dalam dasawarsa terakhir ini Bumi tempat manusia berpijak rupanya aktif menggeliat. Gempa bumi dan tsunami, misalnya, terjadi sejak di Aceh, Desember 2004, hingga yang terakhir di Sendai, Jepang, Maret 2011. Selain itu bencana letusan Gunung Merapi, pada November 2010. Akibat berbagai peristiwa geologi yang menimbulkan bencana tersebut, ratusan ribu manusia dan tak terhitung harta benda, terutama di daerah urban, menjadi korban.

Kita tersentak. Sesaat, perhatian terhadap bencana itu pun meningkat. Tapi, setelahnya kita acap kali lupa, bahwa ancaman bencana kebumihan itu tetap ada dan dapat terjadi kapan saja. Sebab, hingga sekarang tak seorang pun dapat meramalkannya dengan tepat. Namun, secara geologis, potensi ancaman bencana kebumihan banyak yang sudah dikenali. Misalnya, Sesar Lembang yang mengancam penduduk Kota Bandung.

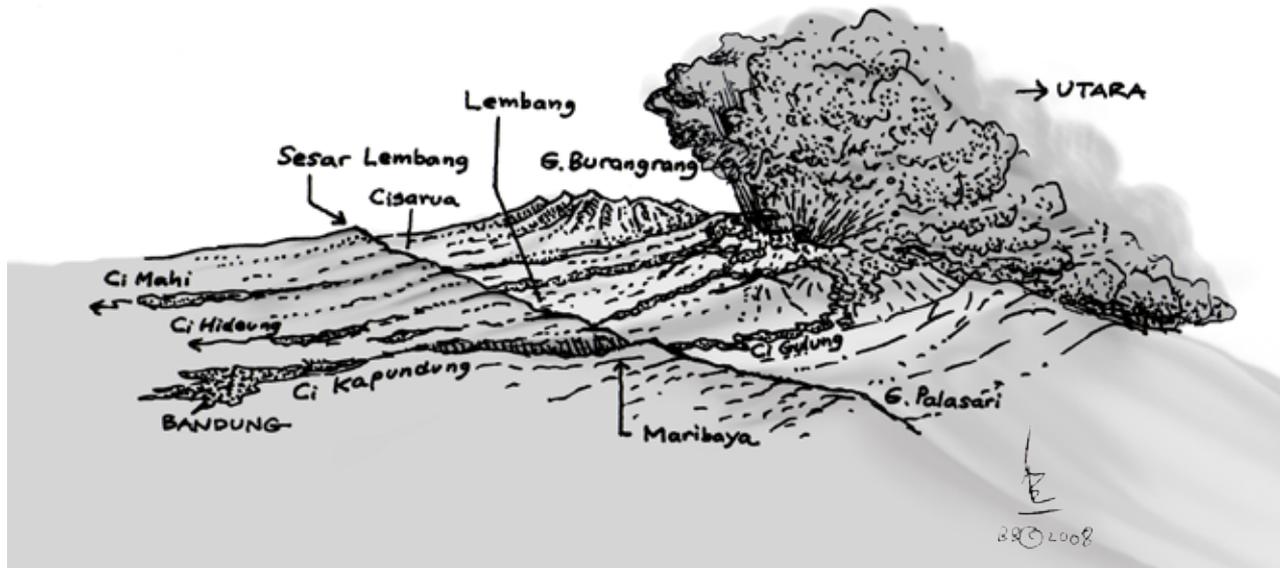
Pada edisi pertama ini, Geomagz mengangkat isu hangat tentang bencana alam kebumihan. Tema kebencanaan dikemukakan untuk mengingatkan bahwa kita harus terus-menerus mengantisipasi ancaman bencana kebumihan yang selalu mengintai Indonesia yang memang berada pada pertemuan tiga lempeng aktif. Kini dan ke depan, usaha mengurangi risiko bencana kebumihan seharusnya menjadi perilaku dan kebiasaan keseharian kita.

Selain menjadikan Sesar Lembang sebagai tema utama, Geomagz menyajikan juga bagaimana proses pemantauan aktivitas Gunung Awu 2004 yang letusannya dinanti pengamat gunung api, teknologi perdesaan 'kokomes' untuk menanggulangi dan mencegah bahaya longsor, serta esei foto tentang Ci Tarum yang sekalipun isu lingkungan lebih kental, tetapi ancaman bencana banjir juga menjadi masalah tahunan di Bandung Selatan.

Geomagz bercita-cita menjadikan Geologi sebagai bagian dari bacaan masyarakat luas yang dapat dicerna oleh mereka yang awam sekalipun dalam bidang Geologi. Sebagai pengaya bacaan, pada edisi kali ini kami sajikan pula isu energi panas bumi, sejarah Danau Bandung purba, dan profil ahli gunung api Kama Kusumadinata dengan salah satu karya terbesarnya, buku "Data Dasar Gunung Api Indonesia."

Selamat membaca. ■

Oman Abdurahman
Pemimpin Redaksi



Jika Tangkubanparahu Meletus

Oleh: Budi Brahmantyo

Sebuah sketsa imajinatif jika Gunung Tangkubanparahu (+2084 m) meletus dahsyat. Sketsa digambar berdasarkan interpretasi morfologi kawah dan peta kawasan rawan bencana letusan gunung api. Bahan letusan diperkirakan akan lebih besar melanda ke arah utara. Adapun Kota Bandung dan Cimahi diperkirakan akan terlanda aliran lahar pada bantaran sungai-sungai yang berhulu dari lereng Tangkubanparahu, selain akan dihujani abu. Letusan dahsyat gunung ini terjadi 55.000 tahun yang lalu (Dam, 1994; Kartadinata, 2005). Di masa sejarah, letusan pertama tercatat pada 4 - 7 April 1829 berupa emisi debu, dan erupsi terakhir tahun 1971 berupa letusan freatik (Data Dasar Gunung Api Indonesia, Kusumadinata, 1979).



MENARA GRANODIORIT

Salah satu keindahan singkapan batuan granodiorit di Teluk Gedang, Batang Merangin, Provinsi Jambi. Granodiorit ini berumur antara 170 - 200 juta tahun yang lalu (Trias Akhir - Jura Awal).
Foto dan teks: Oki Oktariadi, Badan Geologi



REL MALANG DI MALANGBONG

Longsor besar menyebabkan jalur kereta api di Malangbong, Garut, yang dibangun sejak awal abad ke-20 tampak menggantung. Peristiwa yang membahayakan ini diperkirakan terjadi akibat perubahan lingkungan hidrologis. Gambar diambil pada 24 Februari 2010 oleh Sumaryono, PVMBG, Badan Geologi. Foto ini merupakan juara pertama Lomba Foto Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi 2010.







BATU KAREMBONG

BATU SELENDANG DAYANG SUMBI



Legenda Sangkuriang yang mengisahkan terbentuknya Gunung Tangkubanparahu dan Danau Bandung Purba, terkenal sebagai salah satu cerita rakyat Indonesia. Tiga penanda bumi (*landmark*) di sekitar Bandung tidak lepas dari legenda tersebut, yaitu Gunung Tangkubanparahu, Gunung Bukittunggul, dan Gunung Burangrang. Di tepi aliran Ci Kapundung di Taman Hutan Raya Ir. H. Djuanda, Dago Pakar, penanda bumi legenda itu bertambah satu lagi: selendang Dayang Sumbi. Selendang itu adalah aliran lava basal yang sangat cair yang berasal dari Gunung Tangkubanparahu, diperkirakan terjadi sekitar 50.000 tahun yang lalu. Lava yang terpillin seperti tali, pita, atau selendang ini sangat baik untuk pembelajaran Geologi, bahwa di Bandung pun pernah terjadi aliran lava berjenis *pahoehoe* seperti lava di Kepulauan Hawaii.

Teks dan foto: T. Bachtiar





SINABUNG

NAIK KELAS

Setelah terlelap tidur lebih dari 400 tahun, 27 Agustus 2010 Gunung Sinabung di Sumatera Utara meletus dengan dua tiang asap raksasa. Letusan ini menjadikan Gunung Sinabung berubah status dari tipe B ke tipe A. Gunung api tipe A adalah gunung api yang tercatat pernah meletus sejak 1600. Gambar diambil pada 27 Agustus 2010 oleh Kushendratno, PVMBG, Badan Geologi. Foto ini termasuk salah satu pemenang Lomba Foto Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi 2010. Teks oleh SR. Wittiri



Bukit Serelo di Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan yang oleh penduduk setempat dinamai Gunung Jempol. Bukit ini terbentuk dari terobosan andesit dengan bentang alam yang unik menyerupai jempol.
Foto dan teks: Oki Oktariadi, Badan Geologi

GUNUNG JEMPOL





Oleh: Budi Brahmantyo

Sesar Lembang

Heartquake di Jantung Cekungan Bandung

Morfologi Sesar Lembang ke arah timur dari Gunung Batu.

Dengan terbentangnya robekan pada kerak bumi yang memanjang sedikitnya 22 km dari Cisarua di barat, melewati kota Lembang, hingga lereng Gunung Palasari di timur, para ahli Geologi mengkhawatirkan gempa bumi berkekuatan besar dapat mengguncang Bandung, dipicu aktivitas tektonik dan robekan itu. Gempa bumi besar itu (*earthquake*) dapat mengguncang hati (*heart-quake*) para penghuni jantungnya Cekungan Bandung.

BANDUNG TERANCAM

Dalam suatu ceramah umum untuk masyarakat tentang Sesar Lembang yang diselenggarakan Program S2 Gempa Bumi dan Tektonik Aktif (*GREAT: Graduate Research on Earthquake and Active Tectonik*), Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, ITB, tanggal 25 Maret 2011, peserta tidak disangka-sangka berdesakan memenuhi ruangan. Ada dugaan hal tersebut dipicu oleh gempa besar yang dua minggu sebelumnya melanda bagian timur Jepang yang diikuti terjangan tsunami dahsyat yang memporandakan pantai-pantai di Prefektur Miyagi.

Setelah gempa bumi Yogyakarta 2006, muncul kekhawatiran tentang aktifnya kembali Sesar Lembang dalam diskusi para ahli yang diselenggarakan oleh Harian Umum Pikiran Rakyat. Kini semakin banyak warga Kota Bandung dan sekitarnya yang ingin mengetahui lebih jauh tentang kemungkinan Sesar

Lembang aktif kembali dan menimbulkan gempa bumi besar.

Antusiasme masyarakat untuk mengetahui Sesar Lembang sangat wajar karena selama ini informasi tentang Sesar Lembang hanya diketahui oleh mereka yang terlibat dalam bidang Ilmu Kebumihan saja, yaitu Geologi, Geodesi, Geofisika, atau Geografi. Bahkan di samping itu, ada juga para ahli Geologi yang masih meragukan keaktifan Sesar Lembang.

APAKAH SESAR LEMBANG AKTIF?

Mungkin istilah “sesar” terasa asing di telinga. Apakah sesar itu? Sesar, yang dalam bahasa Inggris disebut *fault* merupakan retakan di kerak Bumi yang mengalami pergeseran atau pergerakan. Secara umum dikenal tiga jenis sesar, yaitu sesar normal (*normal fault*), sesar naik (*reverse fault*), dan sesar geser mendatar (*strike-slip fault*). Dalam bahasa sehari-hari, sesar sering disebut juga sebagai



Morfologi Sesar Lembang segmen timur, dari Gunung Palasari (kiri), Maribaya (tengah) dan Pasir Lembang, tempat Observatorium Bosscha berada (kanan).
Foto: Budi Brahmantyo

“patahan”. Di Lembang, sesar itu membentuk retakan tektonik memanjang lebih dari 22 km. Dengan melihat aspek bentang alam, sesar tersebut termasuk sesar normal. Bagian utara bergerak relatif turun, sementara bagian selatan terangkat. Kota Lembang hingga Cisarua di barat dan Maribaya hingga Cibodas/Batuloceng di timur merupakan bagian yang mengalami penurunan. Akibat dari proses tektonik ini, terbentang suatu gawir (lereng lurus) yang merupakan bidang gelincir Sesar Lembang yang dapat jelas terlihat dari Lembang ke arah timur.

Jika kita berdiri di daerah Cikole, kira-kira 3 km sebelah utara Lembang, kemudian memandang ke arah selatan, akan tampaklah fenomena geologis Sesar Lembang yang sangat jelas. Dari sini kita bisa menyaksikan segmen timur Sesar Lembang yang dimulai dari kira-kira jalan Bandung – Lembang sebagai pembagi utama dengan segmen barat. Pada segmen timur, tinggi gawir yang terbentuk dan mengangkat perbukitan dapat mencapai 450 m, terlihat jelas di lereng utara Gunung Palasari (+1859 m). Jajaran bukit-bukit memanjang itu dimulai dari Gunung Lembang tempat berdirinya Observatorium Bosscha pada tahun 1920. Kemudian tampak pula Gunung Batu, suatu bukit kecil dengan lereng berbatu. Ke arah timur tampak sebuah celah di antara lereng-lereng terjal. Di sanalah Ci Gulung, sebuah sungai yang berhulu dari lereng timur Gunung Tangkubanparahu bergabung dengan Ci Kapundung yang bersama-sama menerobos batuan keras di gawir sesar. Di ujung timur, gawir menoreh dalam di sisi utara Gunung Palasari. Tingginya gawir berubah ke arah barat, yaitu hanya mencapai 40 m di sekitar Cihideung. Semakin ke arah barat, gawir menjadi tidak terlihat terkubur endapan gunung api muda produk letusan Gunung Tangkubanparahu (+2084 m).

Pertanyaan para ahli Geologi dan diikuti masyarakat yang peduli bencana adalah, “Apakah Sesar Lembang aktif?” Sejak jaman sejarah hingga sekarang memang belum ada catatan gempa bumi besar yang berpusat di sepanjang Sesar Lembang. Namun demikian dengan menggunakan data empiris, suatu retakan yang telah terbentuk dengan panjang lebih dari 20 km dapat memicu gempa dengan magnitudo 6,5 – 7,0 yang merusak. Satu catatan yang mungkin cukup mengkhawatirkan, adanya gempa bumi merusak pada tahun 1910 di Padalarang, yang boleh dikatakan berada pada zona ujung barat Sesar Lembang yang bertemu dengan sesar aktif Cimandiri yang berawal dari Palabuhanratu, Sukabumi.

Di dalam Geologi, kategori sesar aktif mula-mula merujuk kepada sesar yang terbentuk pada Zaman Kuartar, yaitu rentang waktu dari sekarang hingga 2 juta tahun yang lalu. Namun akhir-akhir ini kategori keaktifan sesar dipersempit hingga Kala Holosen,

hingga 10.000 tahun yang lalu. Hasil penelitian yang pernah dilakukan para peneliti Belanda Nossin, dan kawan-kawan pada 1996 menduga kemungkinan pergeseran Sesar Lembang, khususnya segmen timur, bertepatan dengan pembentukan kaldera Sunda 100.000 tahun yang lalu.

Pendapat ini sebenarnya tidak jauh berbeda dengan penelitian sangat awal yang dilakukan R.W. van Bemmelen yang kemudian dibukukan dalam “The Geology of Indonesia” yang diterbitkan tahun 1949. Namun untuk segmen barat, penelitian Nossin dan kawan-kawannya di daerah Panyairan, Cihideung, terhadap endapan gambut, menunjukkan bahwa segmen barat diperkirakan terakhir aktif sekitar 27.000 tahun yang lalu. Jika kategorinya 10.000

“Hasil penelitian yang pernah dilakukan para peneliti Belanda Nossin, dan kawan-kawan pada 1996 menduga kemungkinan pergeseran Sesar Lembang, khususnya segmen timur, bertepatan dengan pembentukan kaldera Sunda 100.000 tahun yang lalu.

tahun sebagai batasan sesar aktif, informasi ini akan membuat Sesar Lembang berkategori “tidak aktif.” Sampai kemudian muncullah hasil-hasil temuan dari penelitian yang dilaksanakan Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI yang dimotori Eko Yulianto selama 2007 – 2010.

TENTANG DAMPAK AKTIFNYA SESAR LEMBANG

Eko Yulianto meneliti keaktifan sesar melalui apa yang disebut sebagai endapan sag-pond. Sag pond adalah genangan yang terbentuk akibat terhambatnya drainase sungai yang terjadi akibat pembentukan dinding penghalang karena pergerakan sesar. Air sungai akan tergenang dan pembentukan lumpur serta endapan gambut akan terjadi di dalamnya. Jika endapan-endapan ini terjadi berlapis-lapis di bawah tanah, dapat diperkirakan bahwa pembentukan genangan terjadi berkali-kali melalui mekanisme pergerakan sesar. Begitulah apa yang ditemukan Eko Yulianto dari hasil pengeboran endapan di sekitar Pasir Sereh, Cihideung.

Dari temuannya itu, sekalipun dalam data yang masih terbatas, Eko Yulianto memperkirakan bahwa sedikitnya 1000 tahun yang lalu, Sesar Lembang pernah aktif. Ketika keaktifannya membentuk genangan luas, diperkirakan hal tersebut terbentuk

oleh mekanisme pergerakan sesar yang menimbulkan gempa bumi berkekuatan tinggi. Informasi ini dengan pasti menunjukkan bahwa Sesar Lembang tergolong sesar aktif sekalipun belum ada gempa besar selama masa manusia modern yang melanda kawasan ini. Tetapi lebih jauh lagi, hasil penelitian Geodesi ITB melalui pengamatan titik-titik yang diukur melalui GPS, memang telah dan sedang terjadi pergeseran di sekitar Sesar Lembang.

Sebuah cetakan citra SPOT pengambilan Juli 2006 sangat jelas menggambarkan citra udara wilayah sekitar Gunung Tangkubanparahu, Sesar Lembang, dan dataran Cekungan Bandung. Dari citra itu, interpretasi kelurusan-kelurusan menunjukkan kemungkinan adanya retakan-retakan yang terbentuk di permukaan bumi wilayah itu. Kelurusan paling mencolok tentu saja garis hampir berarah timur-

“Perkiraan lain, pertemuan Sesar Lembang dengan Sesar Cimandiri di sekitar Padalarang berupa perpotongan antara retakan-retakan itu. Apapun kaitan antara fenomena-fenomena geologis itu, kedua sesar itu mempunyai hubungan yang oleh satu dan sebab lain akan menjadikan keduanya menjadi media rambat gelombang gempa bumi.

barat, yaitu jalur struktural Sesar Lembang. Namun selain itu, banyak kelurusan dapat diinterpretasi yang umumnya juga berarah barat-timur sejajar Sesar Lembang di sekitar Perbukitan Dago (Bandung Utara), sekitar kota Lembang hingga lereng selatan jajaran Gunung Burangrang – Gunung Tangkubanparahu – Gunung Bukittunggul. Hasil interpretasi juga menunjukkan adanya kemenerusan Sesar Lembang ke arah Ci Meta di barat laut Padalarang. Perkiraan lain, pertemuan Sesar Lembang dengan Sesar Cimandiri di sekitar Padalarang berupa perpotongan antara retakan-retakan itu. Apapun kaitan antara fenomena-fenomena geologis itu, kedua sesar itu mempunyai hubungan yang oleh satu dan sebab lain akan menjadikan keduanya menjadi media rambat gelombang gempa bumi.

BELAJAR DARI JEPANG

Gempa yang menghantam perkotaan terbukti sangat parah dan beresiko tinggi. Tokyo 1923, Kobe 1995, Yogyakarta 2006, Padang 2009, atau Haiti dan Christchurch 2010 adalah beberapa contoh kehancuran perkotaan akibat gempa bumi. Lalu,

Jumat 11 Maret 2011, sebuah hentakan tektonik kuat pada Lempeng Pasifik yang berinteraksi dengan Lempeng Amerika Utara di timur laut Jepang menimbulkan gempa bumi berkekuatan 9,0 Mw. Tetapi dari tayangan-tayangan di televisi beberapa jam kemudian kita melihat bagaimana masyarakat Jepang begitu tenang menghadapi gempa bumi merusak ini. Para kru televisi NHK memang sedikit khawatir ketika kantor mereka berguncang hebat menggetarkan komputer dan peralatan yang ada di atas meja dan lemari. Tetapi para anggota kabinet Jepang yang sedang rapat dengan tenang meninggalkan ruangan rapat satu per satu. Tidak terlihat kepanikan.

Beberapa menit kemudian, gempa bumi itu memicu tsunami dahsyat yang meluluhlantakkan pantai-pantai di timur Jepang yang menghadap Samudera Pasifik. Kembali pemirsa televisi di seluruh dunia disuguhi tayangan fenomena alam yang mengerikan. Gelombang laut dahsyat menghantam permukiman, merubuhkan bangunan, dan menghanyutkan apa saja yang berada di pantai.

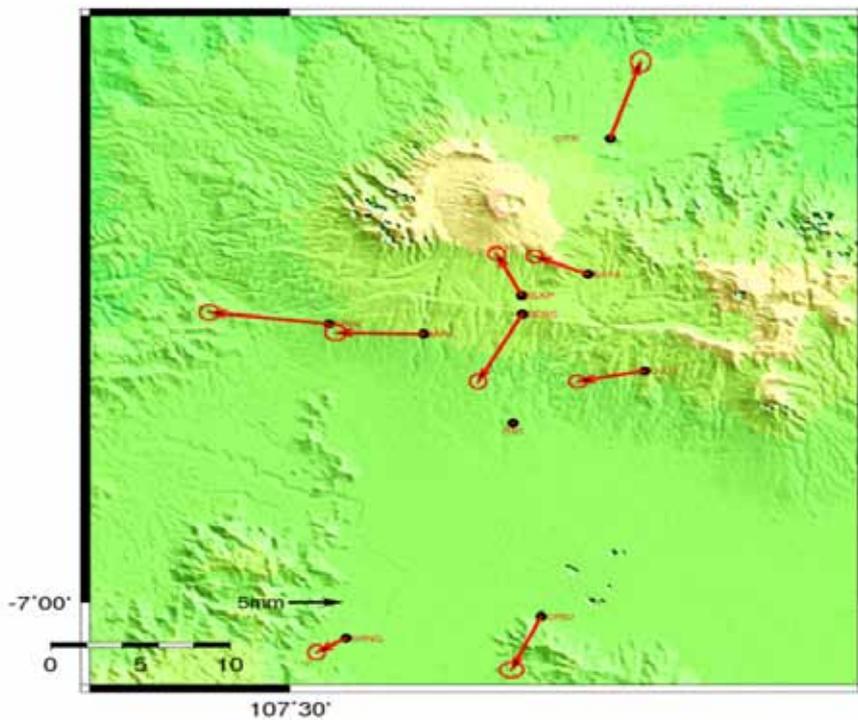
Ada yang perlu dicontoh dari siaran televisi Jepang. Sekalipun korban hingga dua minggu setelah kejadian dilaporkan menewaskan 12.000 jiwa, tetapi tidak ada satu tayangan pun di layar televisi (juga pada foto-foto di media cetak) yang memperlihatkan mayat-mayat yang bergelimpangan. Tayangan yang ada, bagaimana rakyat Jepang begitu tabah dan kuat menghadapi musibah itu, dan semangat bergotong-royong serta tolong-menolong di antara mereka yang hidup justru menjadi suguhan utama di layar televisi. Kita pun menyaksikan bahwa dengan gempa bumi dan tsunami yang begitu dahsyat dan melanda perkotaan yang padat penduduk, namun korban jiwa dapat dikatakan “lebih sedikit.” Tidak dapat dibayangkan apabila kejadian gempa bumi dan tsunami itu melanda perkotaan di sebuah negeri yang masyarakatnya kurang memiliki budaya dan perilaku siap menghadapi gempa.

PERLU MITIGASI

Kekhawatiran terpicunya gempa bumi besar karena keberadaan Sesar Lembang sudah mulai diperhitungkan. Selain sebagai media rambat gelombang gempa bumi dari sesar-sesar aktif lainnya di Jawa Barat, Sesar Lembang dapat juga menjadi sumber gempa bumi itu sendiri. Untuk itulah peta-peta kerawanan bencana gempa bumi ke arah Kota Bandung yang berpenduduk padat mulai dibuat. Diantaranya peta percepatan gelombang gempa bumi yang menunjukkan daerah rawan bencana selain di sepanjang jalur sesar, juga merambat ke arah selatan Bandung, pada daerah-daerah bekas endapan danau yang bertanah fondasi kurang mantap. Peta-peta ini sudah cukup berharga untuk membuat kita waspada, karena gempa bumi sulit diprediksi! Ketika kita sulit



Pasir Sereh, Cihideung, Jl. Sersan Bajuri, Lembang, merupakan bidang sesar yang tanahnya longsor pada akhir 2010 lalu. Lembah di depannya menjadi cekungan *sag-pon* yang merekam gerakan sesar di masa lalu.
Foto: Budi Brahmantyo



Hasil sementara vektor pergeseran di sekitar Sesar Lembang pengukuran dengan GPS antara 2006 – 2010
(Sumber: Slide Meilano, dkk. 2011 pada Kuliah Umum tentang Sesar Lembang, Great, ITB)

menentukan kapan datangnya gempa bumi, maka usaha terbaik adalah bagaimana kita mempersiapkan diri jika gempa itu benar-benar datang. Itulah usaha mitigasi bencana, yaitu usaha untuk meminimalkan risiko atau akibat dari bencana.

Mitigasi terbagi ke dalam dua jenis, yaitu secara struktural berupa penataan ruang atau kode bangunan, dan secara non-struktural berupa pendidikan dan pelatihan kepada masyarakat bagaimana selamat dari bencana. Saran-saran arsitek perlu diperhatikan dalam membangun bangunan di kawasan rawan bencana akibat gempa bumi. Di antaranya adalah tiang yang kuat, struktur yang sederhana, bahan yang ringan, dan lokasi yang aman (misalnya tidak di tebing atau pada

“Mitigasi terbagi ke dalam dua jenis, yaitu secara struktural berupa penataan ruang atau kode bangunan, dan secara non-struktural berupa pendidikan dan pelatihan kepada masyarakat bagaimana selamat dari bencana.

jalur sesar aktif). Begitulah mitigasi struktural yang mencakup syarat bangunan dan tata perwilayahan ruangnya.

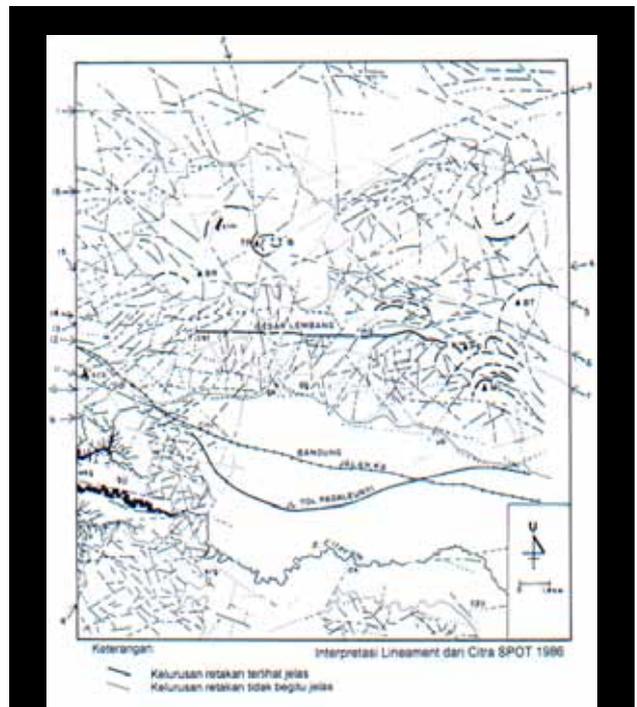
Mitigasi non-struktural adalah kiat-kiat bagaimana selamat dari bencana gempa. Kiat-kiat Jepang atau Chile perlu dipertimbangkan. Setelah bangunan kuat, belum tentu selamat dari musibah. Di dalam rumah yang digoncang-goncang, isinya akan seperti dikocok-kocok. Berlindung melindungi kepala adalah tanggapan darurat yang pertama-tama perlu dilakukan.

Mengikuti cara Jepang, beginilah selamat dari gempa bumi, dengan asumsi kode bangunan telah sesuai terapkan di daerah rawan gempa bumi:

1. Segera matikan sumber api.
2. Segera berlindung di bawah bentukan/furnitur yang kuat, misalnya di bawah meja yang kokoh. Jika tidak ada, segera berbaring dengan melindungi kepala sejajar bentukan kokoh, misalnya tempat tidur atau rak pendek. Ketika atap atau lemari rubuh, diharapkan terbentuk ruang segitiga tempat kita berbaring.
3. Tidak terburu-buru keluar rumah karena di luar rumah ancaman dijatuhi berbagai benda akan lebih dahsyat. Lift atau tangga adalah bagian bangunan yang rawan runtuh.
4. Siapkan tas berisi peralatan P3K, air dalam botol, makanan ringan tahan lama, peluit, radio kecil, dll. dan segera sambar begitu gempa semakin kuat dan bersembunyi di kolong meja kokoh. Dalam gempa yang dahsyat, kemanapun bahaya akan mengancam jiwa. Pengalaman Jepang, berlindung di kolong meja banyak menyelamatkan nyawa. Ketika kemudian



Foto: Sieling



- | | |
|--------------------------|-------------------|
| TP : G. Tangkuban Perahu | bjj : Batujajar |
| BR : G. Burangrang | cm : Cimahi |
| BT : G. Bukit Tunggul | cpy : Ciparay |
| PS : G. Pulusari | csr : Cisarua |
| ML : G. Manglayang | dg : Dago |
| | dk : Dayeuh Kolot |
| slm : Situ Lembang | mb : Maribaya |
| scb : Situ Ciburuy | gk : Geger Kalong |
| wsg : Waduk Saguling | pdl : Padalarang |
| | srg : Soreang |
| | ub : Ujung Berung |

Interpretasi dari citra yang memperlihatkan kerapatan kelurusan-kelurusan struktur geologi di sekitar Sesar Lembang (Brahmantyo dan Bachtiar, 2009, Wisata Bumi Cekungan Bandung, Truedee).



Contoh sebuah pamflet di Jepang yang menjelaskan cara-cara menghadapi gempa bumi.

bangunan ambruk, jiwa yang selamat di kolong meja tinggal menunggu pertolongan. Itulah gunanya tas yang perlu disambar ikut berlindung.

5. Jika berada di luar rumah, merapatlah pada struktur bangunan yang dinilai kokoh (bukan pagar tembok), keluar dari kendaraan dan berbaring sejajar kendaraan, dan hindari tebing (baik di bawah atau di atas kita).

6. Harus ditentukan tempat berkumpul yang pasti (*assembly point*) supaya koordinasi dan pencarian warga lebih terkontrol.

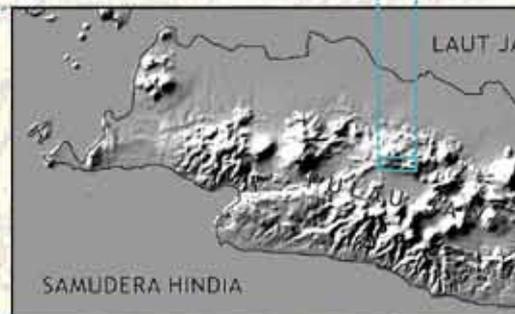
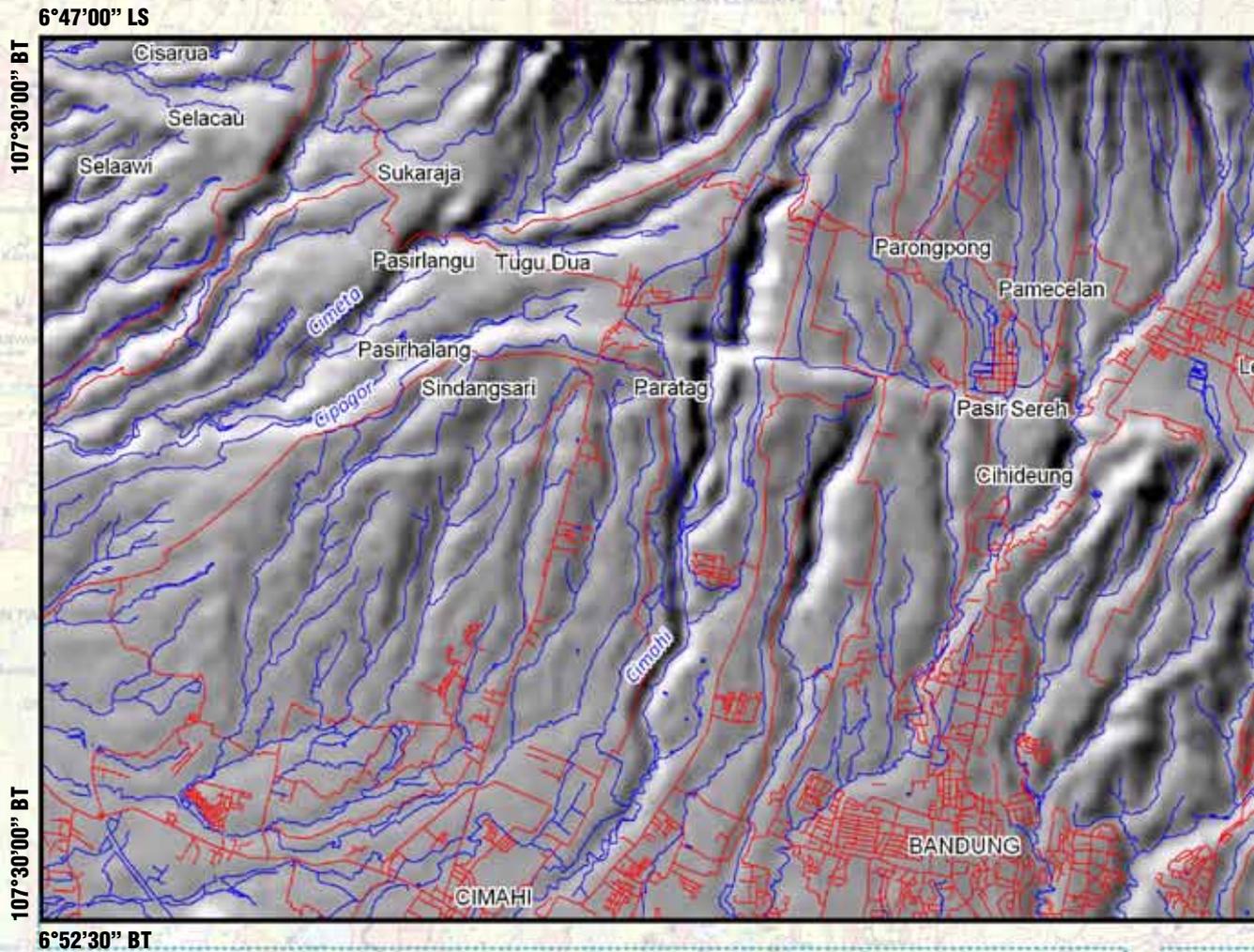
Namun apakah cara-cara itu sesuai untuk Indonesia? Apakah berlari keluar rumah begitu guncangan awal terjadi lebih cocok untuk budaya Indonesia? Itulah yang harus diuji berkali-kali melalui latihan dan simulasi. Jangan sampai kita terlena karena lama sekali tidak diuji oleh alam. Kita harus selalu siap siaga!

Alam telah begitu ramah kepada kita, namun sekali-kali datang memberi peringatan. Itu bagian dari sistem alam sendiri agar kita selalu cermat membaca alam, memahami, dan menghormatinya. Gempa bumi (*earthquake*) akan selalu menjadi *heartquake*

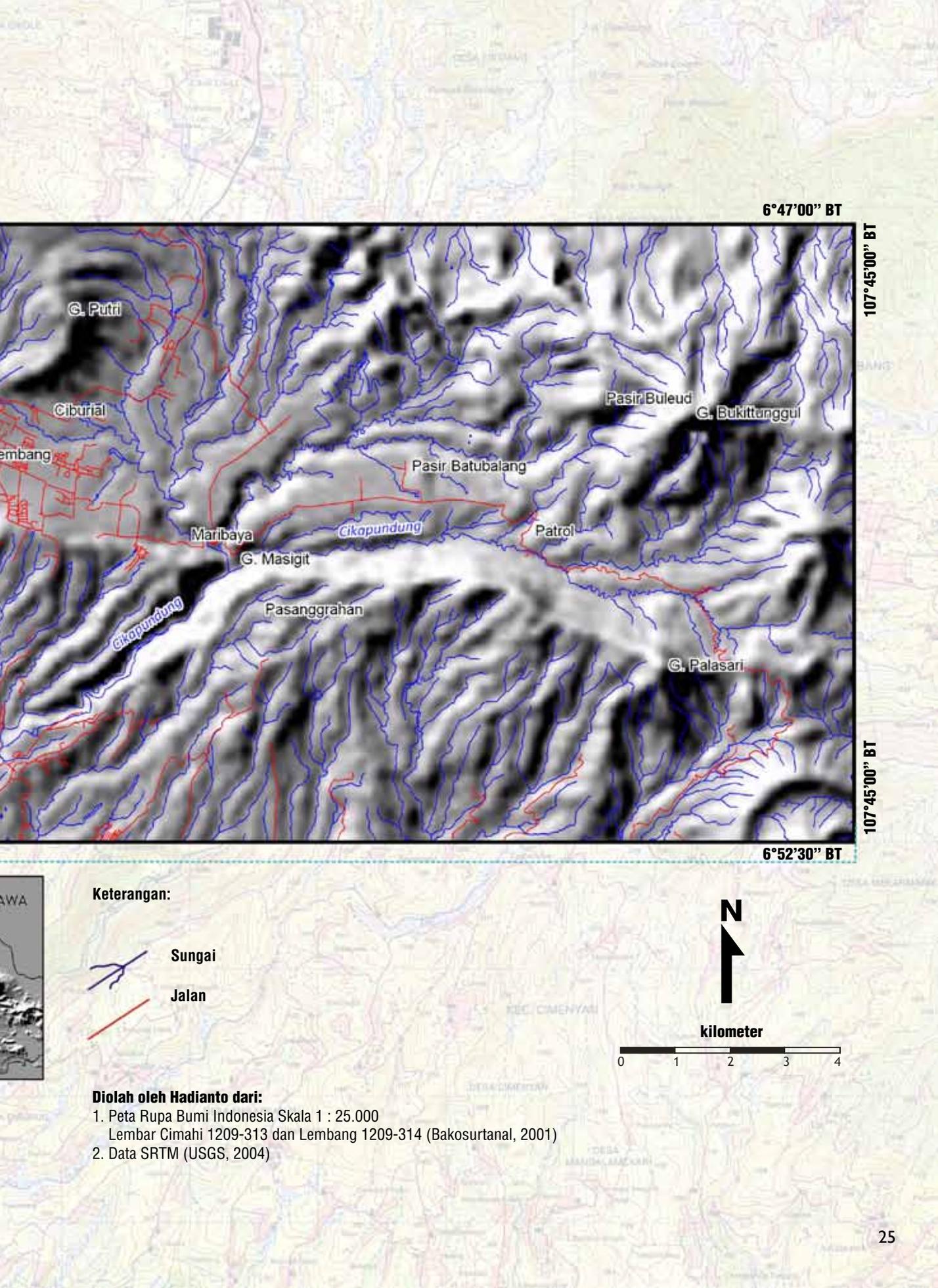
yang mengguncang hati. Karena tidak ada seorang pun yang mengetahui kapan persisnya waktu terjadinya gempa bumi, cara terbaik untuk meredam guncangan hati tiada lain kecuali dengan membangun kesiapan dan perilaku yang waspada terhadap "serangan" gempa bumi. ■

Penulis adalah dosen matakuliah Geologi Lingkungan dan Geologi Cekungan Bandung di Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan (FITB), ITB; koordinator KRCB (Kelompok Riset Cekungan Bandung).

PETA SESAR LEMBANG



Sesar Lembang terlihat jelas dari Peta "Shaded Relief" daerah Lembang, memanjang hampir timur - barat mulai dari Gunung Palasari, Gunung Masigit Maribaya, Pasir Sereh, hingga Pasirhalang, Cisarua.

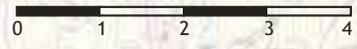


Keterangan:

-  Sungai
-  Jalan



kilometer



Diolah oleh Hadianto dari:

1. Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1 : 25.000
Lembar Cimahi 1209-313 dan Lembang 1209-314 (Bakosurtanal, 2001)
2. Data SRTM (USGS, 2004)



LETUSAN GUNUNG AWU 2004, letusan yang Dinanti

Oleh: SR. Wittiri



Penantian panjang pemantauan sejak Mei 2004 menunggu datangnya letusan Gunung Awu, akhirnya terjadi juga. Pukul 18.07 wita, 7 Juni 2004, letusan pembuka mulai berlangsung. Asap letusannya hampir mencapai 1 km di atas puncak. Sejak itu tiada hari tanpa letusan. Letusan-letusan abu terjadi susul-menyusul mencapai tinggi antara 500 hingga 750 m. Hari-hari berikutnya aktivitas gunung api semakin meningkat. Letusan tunggal berskala lebih besar merupakan penantian selanjutnya.



Dini hari yang cerah, tiba-tiba Kota Tahuna, Ibu Kota Kabupaten Kepulauan Sangihe, dipayungi asap letusan gunung api. Letusan pamungkas Gunung Awu, 10 Juni 2004, pukul 05.25. Asap kelabu pekat ini mencapai tinggi 3 km di atas puncak. Foto. SR. Wittiri

Tanggal 8 Juni 2004 terjadi tiga kali letusan tunggal. Tinggi asap mencapai 1 hingga 1,5 km di atas puncak. Tanggal 9 Juni, terjadi letusan tunggal sebanyak dua kali. Asap letusan berwarna kelabu tebal mencapai tinggi 2 km di atas puncak. Ketika kemudian kegiatan letusan abu berangsur-angsur mereda, tiba-tiba pada pukul 05.29 wita, tanggal 10 Juni, terjadi letusan yang berlangsung selama 34 menit, yang merupakan letusan klimaks yang menghembuskan gumpalan asap berwarna kelabu kehitaman setinggi 3 km di atas puncak disertai suara gemuruh yang mengerikan.

Gunung Awu berada di posisi paling utara seluruh rangkaian gunung api Indonesia, terletak di Kabupaten Kepulauan Sangihe, Provinsi Sulawesi Utara, sejatinya merupakan gunung api berdanau kawah sejak pertama kali dikenal pada 1640. Namun dua kali kegiatan letusannya pada tahun 1931 dan 2004 menghabiskan seluruh air kawah dan kubah lava terbentuk di dasar kawah.

Sepanjang sejarahnya, setiap letusan Gunung Awu selalu mengakibatkan korban jiwa padahal letusannya tidak berlangsung lama. Letusan 1711 misalnya, mengakibatkan korban tewas sebanyak lebih dari 5.000 jiwa. Bahkan letusan 1966 yang hanya berlangsung selama 8 jam telah mengakibatkan korban jiwa sebanyak 32 orang. Sifat letusan dan keberadaan danau kawahnya dituding

sebagai biang bencana. Betapa tidak, gunung api yang berdanau kawah ini setiap letusannya selalu disertai awan panas, lahar primer (lahar letusan) dan lontaran rempah vulkanik lainnya. Baru pada letusan terakhir yang terjadi pada Juni 2004, tidak seorangpun jatuh korban jiwa. Selain sifat letusannya yang berubah karena kondisi kawahnya berubah, juga data menjelang gunung api meletus diikuti dengan baik sehingga peringatan dini bagi penduduk dapat dilakukan dengan baik.

Dalam keadaan normal, kawah Awu berisi air dengan volume antara 3 hingga 3,5 juta meter kubik. Namun sejak tahun 1989, air danau kawah mulai menyusut secara bertahap hingga akhirnya tinggal kubangan lumpur. Dalam keadaan hampir kering itulah terjadi letusan yang berlangsung pada Juni 2004.

HILANGNYA AIR DANAU KAWAH

Jauh sebelum terjadi letusan 2004, terdapat beberapa perubahan yang sangat menarik perhatian. Selain airnya berkurang juga terjadi beberapa perubahan warna air kawah. Secara garis besar perkembangan air danau kawah Gunung Awu dimulai pada tahun 1922, mempunyai kedalaman 150 m dengan volume air sebesar 43 juta meter kubik. Tahun 1930 volume air surut hingga menjadi



Titik letusan freatik April 1992. Foto SR. Wittiri

sebesar 30 juta meter kubik. Hasil pengukuran yang dilakukan pada tahun 1981 diketahui volume air danau hanya tinggal sebesar 3,5 juta meter kubik, yang bertahan hingga tahun 1989.

Tahun 1988 jumlah gempa bumi tektonik meningkat tajam dan berlanjut hingga tahun 1989. Kejadian tersebut memicu naiknya jumlah gempa vulkanik dari rata-rata 7 kejadian perbulan menjadi 15 kejadian pada Mei 1989. Aktivitas kegempaan tersebut diperkirakan berakibat pada surutnya air danau kawah.

Pemeriksaan kawah yang dilakukan pada 10 Mei 1989 menunjukkan bahwa permukaan air danau mulai menyusut 50 cm dari garis pantai danau, terjadi perubahan warna air dari hijau tua menjadi kehitaman, keasaman (pH) dari 6 menjadi 3. Ditemukan pula tiga titik baru tembusan solfatara di sudut timur kawah.

Pada September 1991 volume air menyusut lebih drastis menjadi hampir setengahnya, diperkirakan sisa air danau tinggal 1,7 juta meter kubik. Sejak itu air danau secara berangsur-angsur terus menyusut. Akhir tahun 1992 volume air hilang 95% dan tersisa 175.000 meter kubik. Kondisi ini memicu terbentuknya uap air (*steam*) di bawah permukaan dan kemudian menghasilkan letusan freatik berskala kecil pada April 1992.

Antara November 1988 sampai dengan Mei 1989, hujan turun setiap bulan, tetapi permukaan air tetap turun 0,5 m. Ketika volume air berkurang hingga 60% pada awal 1991, curah hujan sangat minim, sehingga faktor penguapan dan tidak adanya

suplai air ke dalam kawah boleh jadi merupakan alternatif penyebab turunnya volume air. Tetapi antara September 1991 sampai dengan Februari 1992 perbandingan antara kejadian hujan dengan keberadaan air di dasar kawah hampir seimbang, sehingga faktor penguapan relatif kecil. Dengan demikian faktor penguapan dan berkurangnya curah hujan sebagai penyebab turunnya volume air danau kawah Gunung Awu, sangat diragukan. Satu-satunya alasan penyebab hilangnya air kawah adalah perembesan ke bawah permukaan akibat terbentuknya rekahan di dasar kawah.

Air dapat merembes/mengalir cepat melalui batuan yang mempunyai permeabilitas tinggi. Permeabilitas dipengaruhi oleh sifat fisik batuan seperti porositas, bidang antar pelapisan (termasuk batas lapisan lunak dan keras), batuan berrongga-rongga, batuan terkonsolidasi, atau tidak terkonsolidasi (*consolidated/unconsolidated rocks*), dan struktur geologi seperti meningkatnya jumlah rekahan pada batuan. Penurunan volume air oleh permeabilitas tinggi yang berhubungan dengan sifat fisik batuan bukanlah alternatif pilihan.

Satu-satunya alternatif penyebab utama penurunan volume air secara mencolok di danau kawah Gunung Awu adalah struktur rekahan/ sesar. Gejala itu teramati sebagai jalur perembesan air di kaki lereng timur Gunung Awu pada survei yang dilakukan oleh Kusdinar dan timnya pada Mei 1990. Pada tahun 1992, Setiadarma bersama Subdit Pemetaan Gunung Api melakukan interpretasi foto udara. Hasilnya semakin memastikan keberadaan celah sempit yang memanjang melalui kaki sebelah

PERKEMBANGAN PERUBAHAN DANAU KAWAH G. AWU SEJAK TAHUN 1988.



1980



1991



1992



1994



2004



Foto SR. Wittiri, E. Bina, A. Solihin\
Sketsa kawah SR Wittiri

Keadaan danau kawah ketika masih normal

**Drastis, air kawah menyusut
lebih dari 50 %, kondisi tahun 1991**

Air kawah semakin susut, kondisi tahun 1992

**Kawah pantas disebut sebagai kubangan,
air kawah tinggal 10 %, kondisi tahun 1994**

Kawah Awu setelah terbentuknya Kubah Lava 2004

timur antara Kampung Bahu dengan Puncak, dan celah lainnya yang melalui Kampung Tryang di lereng barat daya puncak. Kedua celah ini mungkin sekali merupakan alternatif jalur keluarnya air danau kawah. Pembentukan retakan didukung pula oleh adanya sejumlah gempa tektonik yang sangat dominan selama itu. Meningkatnya gempa tektonik terasa seolah-olah memicu penurunan volume air danau kawah. Gempa tektonik dapat dikatakan sebagai manifestasi pembentukan rekahan/sesar baru atau memperbesar ruang antar rekahan/sesar yang sudah ada sebelumnya.

Selain itu terjadi pula beberapa kali gempa vulkanik yang merupakan manifestasi aktivitas pergerakan magma di bawah permukaan. Pada kejadian gempa vulkanik Awu antara Juni hingga Desember 1992, harga selisih waktu tiba antara gelombang primer dan sekunder (P-S) berkisar antara 0,5 - 4,5 detik. Nilai tersebut diduga menunjukkan adanya magma menerobos kulit bumi hingga sekitar 2 km di bawah dasar kawah. Zona kedalaman ini diasumsikan sebagai "heat front". Tetapi di atas zona *heat front*, sangat diragukan bila seluruh volume air danau kawah sebesar 3,5 juta meter kubik hilang begitu saja tanpa disertai kegiatan vulkanik permukaan yang nyata. Karena itu, hanya sebagian kecil atau bahkan tidak ada rembesan air yang menempati bagian atas zona tersebut.

LETUSAN JUNI 2004

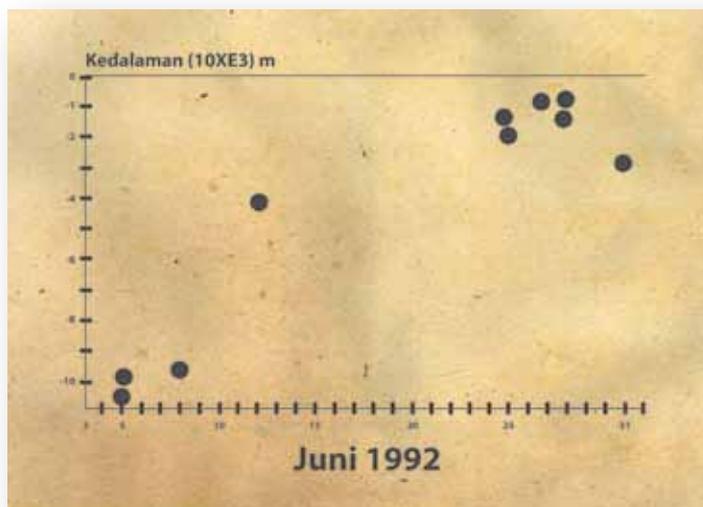
Selama pemantauan gunung api ini, letusan Juni 2004 adalah letusan yang sebenarnya sudah dinanti-nanti. Sejak letusan 1931 berakhir dengan terbentuknya sumbat lava, dikenal dengan Sumbat Lava '31, kawah terisi air kembali. Pada bulan

Agustus 1966, terjadi letusan besar yang selain menghancurkan Sumbat Lava '31 juga melontarkan air kawah sebanyak 30 juta meter kubik. Diketahui kemudian bahwa tidak seluruh tubuh sumbat terlontar pada proses letusan tersebut. Kenyataan tersebut baru disadari ketika proses letusan Juni 2004 sedang berlangsung, sekalipun keberadaan sisa Sumbat Lava '31 ternyata menjadi penghambat proses letusan 2004.

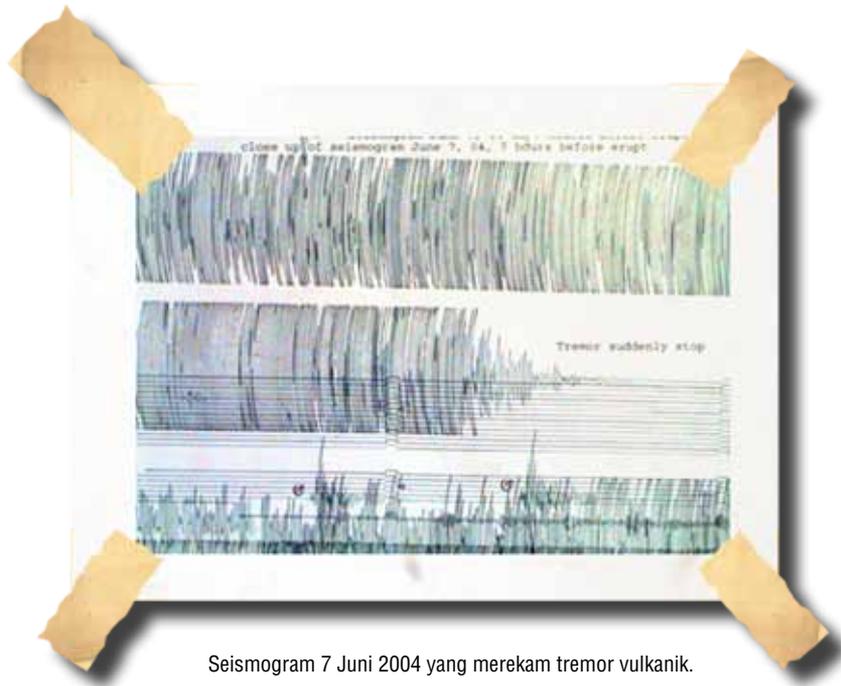
Proses penghambatan letusan itu ditunjukkan pula oleh data tremor. Ketika secara tiba-tiba tremor berhenti, artinya bahwa vibrasi juga berhenti. Hal itu juga menunjukkan bahwa penyebabnya, yaitu aliran fluida (baik magma ataupun gas) juga berhenti bergerak. Sebagaimana diketahui, tremor adalah reaksi tubuh gunung api ketika mengalami vibrasi akibat Bergeraknya fluida magma menuju ke permukaan. Terhentinya laju fluida ke permukaan diinterpretasikan karena adanya penghalang, yaitu sisa sumbat 1931 yang tidak tuntas terlontar dalam letusan 1966.

Sebenarnya beberapa kali terdapat aktivitas yang berusaha mendobrak lantai kawah Gunung Awu. Namun selalu gagal. Selama 2002 jumlah gempa vulkanik tiba-tiba meningkat tajam meskipun tidak menghasilkan letusan. Pada tahun 2003, fenomena seperti tahun 2002 berulang kembali. Jumlah gempabumi vulkanik meningkat secara mendadak, tetapi, sekali lagi, tidak menghasilkan letusan. Hal tersebut menyiratkan bahwa upaya mendorong batuan penutup memang sudah terjadi sejak lama.

Nilai normal jumlah gempa vulkanik-dalam (tipe A) yang terekam di Gunung Awu rata-rata 2 kejadian setiap minggu, tetapi asap kawah tidak pernah teramati mencapai bibir kawah. Menurut Minakami



Perkembangan migrasi magma berdasarkan data selisih waktu gelombang primer dan sekunder (S – P) gempa vulkanik.



Seismogram 7 Juni 2004 yang merekam tremor vulkanik.

(1966), kegiatan vulkanik (aktivitas magma) bawah permukaan dimanifestasikan berupa gempa vulkanik. Gempa vulkanik-dalam (tipe A) terdapat hingga kedalaman 10 km, sedangkan gempa vulkanik-dangkal (tipe B) sampai kurang dari 1 km di bawah dasar kawah. Pada minggu kedua Mei 2004 mulai terekam gempa vulkanik yang kian hari kian naik jumlahnya dengan rata-rata 10 kejadian perminggu. Kejadian itu mencerminkan terbentuknya perekahan yang intensif di bawah kawah. Dugaan tersebut ternyata benar, karena pada 17 Mei mulai terekam tremor vulkanik dengan amplituda (*peak to peak*) 8 mm yang menandakan bahwa sedang berlangsung gerakan fluida (magma dan atau gas) naik ke permukaan. Akhirnya asap muncul mencapai bibir kawah pada keesokan harinya. Ini adalah realisasi terbentuknya uap air (*steam*) dan awal dari letusan freatik (letusan gas) di dasar kawah.

Kemunculan asap mencapai bibir kawah di puncak Gunung Awu setinggi 350 m dari dasar kawah sangat langka. Betapa tidak, sejak berakhirnya letusan 1966, fenomena tersebut tidak pernah teramati. Jadi, ketika ada asap kawah yang mencapai puncak, asap tersebut dihasilkan oleh tekanan gas yang relatif kuat.

Pada 22 Mei 2004, amplituda tremor mulai mengecil menjadi 3 mm. Penurunan kegiatan tersebut dimanfaatkan para peneliti untuk mendaki ke puncak untuk memastikan apa yang sesungguhnya terjadi di dasar kawah. Mereka menemukan bualan lumpur pada genangan air di tengah kawah disertai suara

gemuruh dan asap yang sangat tebal, sehingga tidak diketahui berapa besar lobang asal bualan tersebut.

Diantara bualan yang terjadi terus-menerus, secara sporadis terjadi letusan-letusan gas. Dari hasil rekaman *handy camera*, ditengarai muncul suatu tonjolan di tengah kawah. Namun tidak dapat dipastikan seberapa besar dan unsur yang membentuk tonjolan tersebut karena para peneliti tidak dapat mendekati dasar kawah. Volume sumbat lava 1931 sebesar 30 juta meter kubik, sedangkan letusan 1966 hanya berlangsung selama 8 jam. Masuk akal bila tidak semua sumbat dihancurkan. Sisa sumbat tersebut terdorong naik ketika pertama kali terjadi tremor pada Mei 2004 dan berhenti di mulut kawah kemudian menyumbat lubang. Itulah yang tergambar pada rekaman *handy camera*.

Pukul 14.18 wita terekam beberapa kali gempa yang mengindikasikan terjadi suatu letusan atau rekahan pada kubah yang sedang terbentuk. Keyakinan tersebut didasari dua pengalaman sebelumnya. Pertama kali gempa sejenis ditemukan di Gunung Sopotan, Sulawesi Utara, ketika pertama kali terbentuknya sumbat pada tahun 1991. Kedua, letusan yang terjadi di Gunung Ibu, Halmahera, juga menghasilkan sumbat lava pada tahun 2000. Saya menyebutnya sebagai "gempa vulkanik tipe B plus". Saat itu terjadi, hampir dipastikan bahwa sumbat lava sudah muncul di dasar kawah Gunung Awu.

Menjelang akhir Mei 2004, kegiatan freatik yang terjadi di dasar kawah cenderung melemah. Tetapi kondisi kawah yang tidak stabil sangat rentan



Letusan freatik yang terjadi pada Mei 2004 di dasar kawah. Ujung asap inilah yang mencapai puncak yang sempit terlihat di Kampung Lenganeng. Foto Endi T. Bina

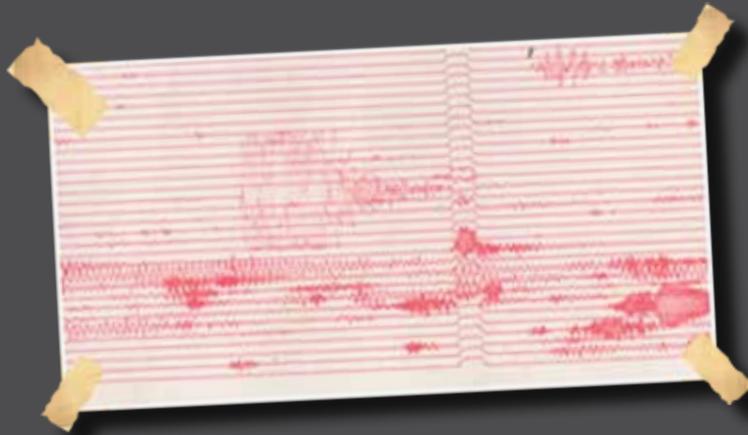
mengalami kontraksi apabila menerima tekanan yang mendadak, dan kondisi itulah yang kemudian terjadi. Secara tiba-tiba kegiatan perekahan terjadi sangat cepat akibat adanya tekanan fluida dari dalam. Pada 4 Juni 2004 gempa vulkanik-dalam (tipe A) mulai terekam kembali dengan jumlah yang tinggi. Keesokan harinya, pada 5 Juni mulai terekam gempa vulkanik secara seri (*swarm*). *Swarm* gempa vulkanik tersebut terjadi secara sporadis dan berulang-ulang. Lalu, letusan yang dinanti-nanti akhirnya terjadi juga menjelang malam pada pukul 18.07 wita, tanggal 7 Juni 2004 itu.

Seluruh proses letusan selalu melontarkan material berukuran debu. Kerikil hanya terbatas di sekitar puncak. Debu kebanyakan jatuh di bagian timur - tenggara dari puncak. Mereka terbawa angin barat. Kecuali letusan pertama, debu mengguyur Kota Tahuna dan sekitarnya. Debunya mengendap setebal 0,5 hingga 1 mm. Kampung-kampung lain pun terkena hujan debu letusan. Di Kampung Lenganeng debunya mencapai setebal 2 mm, Naha 2 mm, Bahang 1,5 mm, Kalakube 1,5 mm, dan Mala 1,5 mm.

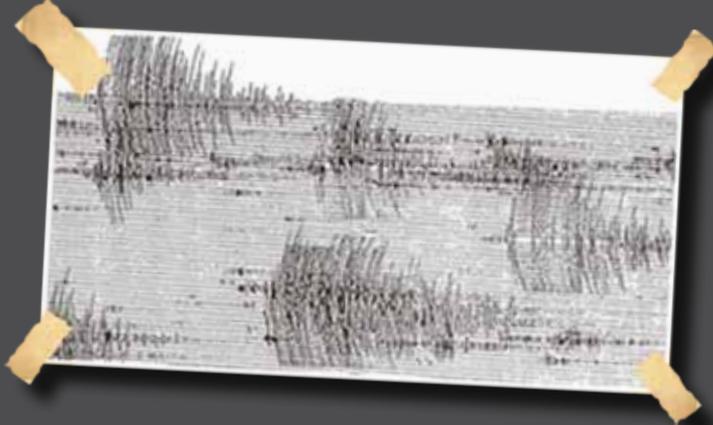
Pasca-letusan, pendakian pertama dilakukan pada 12 Juni 2004 dengan target mencapai puncak. Ketika tiba di puncak, hal pertama yang menarik perhatian adalah adanya sumbat lava yang menyembul di dasar kawah. Sumbat tersebut hampir seluruhnya memenuhi ruang lantai kawah yang sebelumnya terisi air. Dugaan adanya sisa sumbat lava 1931 yang ditinggalkan letusan 1966 memang terbukti. Pada bagian puncak sumbat lava ditemukan material lava yang sudah teroksidasi berwarna abu-abu kemerahan menempel pada bagian lava yang masih segar. Bagian atas itu adalah sisa sumbat 1931. Di bawahnya teramati sumbat yang baru yang kami sebut sebagai sumbat lava 2004. Secara keseluruhan, sumbat itu berukuran 250 x 300 m² dengan tinggi mencapai 40 m. Volumennya ditaksir 3.000.000 meter kubik. Jumlah tersebut hampir sama dengan volume air danau ketika terisi normal.

Penantian menunggu letusan Gunung Awu memang telah berakhir pada Juni 2004 itu. Namun bagi seorang ahli gunung api, letusan-letusan berikutnya adalah penantian-penantian berikutnya. ■

**KETIGA REKAMAN GEMPA DI BAWAH ADALAH SEJENIS,
GEMPA YANG TERJADI PADA SUMBAT LAVA YANG SEDANG TUMBUH.**



A) GEMPA YANG TEREKAM DI G. SOPUTAN (1991)



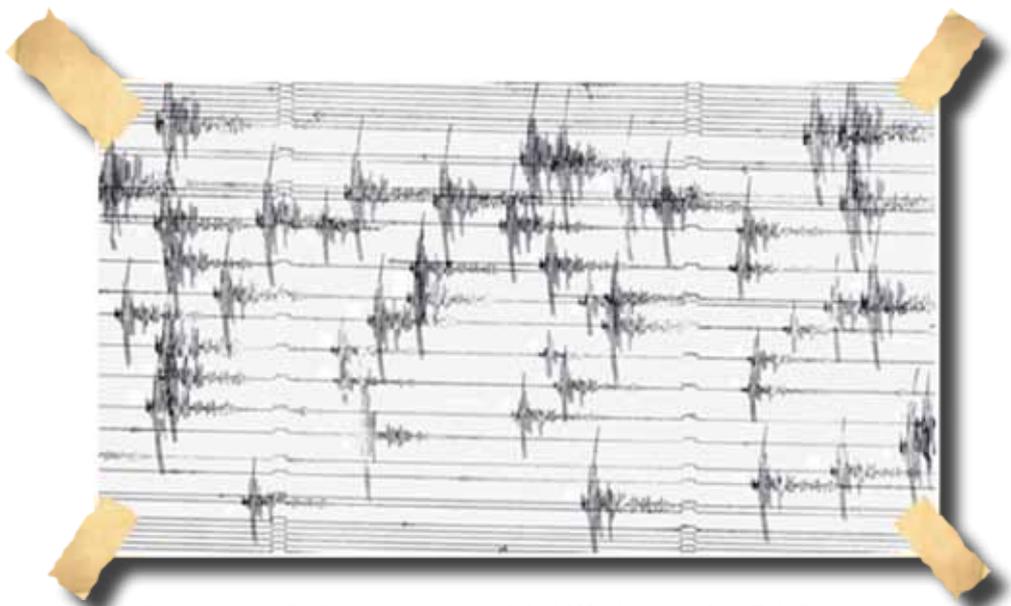
B) GEMPA YANG TEREKAM DI G. IBU (2000)



C) GEMPA YANG TERJADI DI G. AWU (2004)



Tonjolan yang terbentuk di dasar kawah berhasil direkam. Kuat dugaan tonjolan ini adalah sisa Sumbat '31.



Swarm gempa vulkanik yang terekam pada 5 Juni 2004 di Gunung Awu. Terjadinya *swarm* menandakan adanya tekanan (fluida) yang berlangsung pada satu waktu tertentu (beberapa menit atau jam) yang mengakibatkan perekahan berkali-kali pada satu lokasi yang sama di bawah kawah.



Sumbat Lava Awu 2004. Sumbat ini mengisi hampir seluruh ruang lantai kawah Awu yang sebelumnya merupakan danau. Volume kubah sebesar 3 juta m³. Foto: A. Solihin

Sisa sumbat 1931. Ini merupakan kepingan bongkah lava yang runtuh dari tubuh Sumbat Lava 2004. Bagian atas merupakan sisa Sumbat Lava 31 tampak berwarna kemerahan karena sudah mengalami oksidasi. Foto: A. Solihin



Danau Bandung Purba

**KEDAHSYATAN
CINTA SANG KURIANG
DAN LETUSAN
GUNUNG SUNDA**

oleh: T. Bachtiar



Dayang Sumbi berlari ke arah timur, dan secepat kilat Sang Kuriang mengejanya.

Gambar: Ayi Sacadipura, Ide: T. Bachtiar



Gunung Tangkubanparahu, Anak Gunung Sunda.
Foto: T. Bachtiar.

Gunung Tangkubanparahu ternyata tidak sekedar wujud gunung api, namun segala hal tentang gunung ini tersimpan di lubuk hati dan pikiran masyarakatnya, yang setiap waktu dapat melihat wujud gunung yang imajinatif ini. Segala gerak gunung ini, selalu mendapatkan perhatian dari waktu ke waktu. Proses alam yang begitu panjang, terpantau oleh masyarakatnya dan terus diturunkan dari generasi ke generasi, diperbaiki dari periode ke periode. Proses alam sesungguhnya tidak terjadi tiba-tiba, namun menyiratkan banyak peringatan dan tanda-tanda.

Jauh sebelum ilmu kebumihan modern lahir, jawaban akan peristiwa alam saat itu dirangkai dalam berbagai bentuk penyampaian, salah satunya melalui bentuk yang sekarang dikenal sebagai legenda. Deskripsi bagaimana Danau Bandung Purba dibendung dan bagaimana Gunung Tangkubanparahu terbentuk, terangkum dalam Legenda Sang Kuriang. Itulah jawaban akan peristiwa alam saat itu. Legenda ini sudah sangat tua umurnya, sudah dikenal dan sangat populer di masyarakat pada abad ke 15-16, sehingga Bujangga Manik, tohaan, satria pengelana, pewaris tahta Kerajaan Sunda mencatat legenda itu saat melintas dalam perjalanan sucinya di pinggir Cekungan Bandung tahun 1500-an. Catatan geografisnya itu tersimpan di Perpustakaan Bodleian, Oxford, sejak 1627. Bujangga Manik menulis:

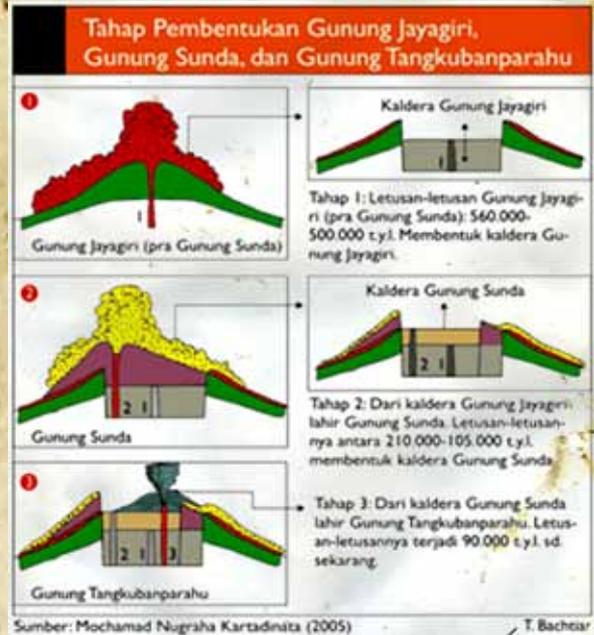
**Aku berjalan ke arah barat,
sampai ke Bukit Patenggeng,
situs purbakala Sang Kuriang,
tatkala akan membendung Ci Tarum,
gagal karena kesiangan....**

(J. Noorduyn dan A. Teeuw, Tiga Pesona Sunda Kuna, Pustaka Jaya, 2009).

Legenda itu menjadi luar biasa, karena kronologinya sesuai dengan kronologi letusan Gunung Sunda, pembentukan Danau Bandung Purba, dan lahirnya Gunung Tangkubanparahu. Dalam legenda itu diuraikan: Tahap pertama, Sang Kuriang menebang pohon lametang yang roboh ke barat. Tunggulnya menjadi Bukittunggul, dan rangrangan, sisa dahan, ranting, dan daunnya membentuk Gunung Burangrang. Batang pohonnya menjadi bakalan perahu yang akan dibuatnya.

Tahap kedua, setelah pohon ditebang, Sang Kuriang membendung sungai, agar tergenang menjadi danau yang kelak akan dijadikan tempatnya berlayar memadu kasih dengan Dayang Sumbi. Pada tahap ini Gunung Sunda meletus, materialnya membendung Ci Tarum di utara Padalarang. Maka tergenanglah menjadi Danau Bandung Purba.

Tahap ketiga, setelah sungai dibendung, Sang Kuriang melanjutkan membuat perahu. Danau sudah terbenang, airnya mulai tergenang, dan betapa girangnya Sang Kuriang. Fantasinya berlayar bersama Dayang Sumbi memberinya semangat untuk terus membuat perahu. Namun sebaliknya bagi Dayang Sumbi. Memberi tantangan untuk membuat danau dan perahu, sebenarnya hanyalah siasat agar pernikahan itu tidak terjadi, sebab Dayang Sumbi tahu, Sang Kuriang adalah putranya sendiri.



Segeralah Dayang Sumbi mengambil daun kingkilaban tujuh lembar, dibungkusnya dengan kain putih hasil tenunannya, lalu diiris halus. Potongan itu ditaburkan ke arah timur sambil memanjatkan permohonan agar mendapatkan perlindungan-Nya.

Yang Maha Kuasa mengabulkan permohonannya, seketika itu fajar menyingsing di ufuk timur. Cahaya membersit, pertanda matahari akan segera terbit. Betapa leganya Dayang Sumbi. Namun tidak bagi Sang Kuriang yang sedang bekerja habis-habisan menyelesaikan perahunya. Begitu melihat fajar menyingsing, Sang Kuriang marah dan kesal tiada bandingannya. Karena gagal meminang pujaan hati, Sang Kuriang menendang perahu yang hampir rampung itu dengan perasaan gagal yang mendalam. Terbaliklah perahu itu, jadilah Gunung Tangkubanparahu.

Pada tahap ketiga ini, ketika danau sudah tergenang, dari dalam kaldera Gunung Sunda terjadi gejolak aktivitas gunung api. Terjadi letusan-letusan dari beberapa lubang kawah. Karena kawah-kawahnya berjajar barat-timur, maka rona gunung ini terlihat seperti perahu yang terbalik bila dilihat dari selatan.

Tahap keempat, ketika melihat gelagat itu, segeralah Dayang Sumbi berlari ke arah timur, dan secepat kilat Sang Kuriang mengejarnya. Di sebuah bukit kecil, hampir saja Dayang Sumbi tertangkap. Bukit tempat menghilangnya Dayang Sumbi disebut Gunung Putri.

Tahap keempat ini bila dimaknai saat ini, adalah upaya penyelamatan, upaya mitigasi. Ketika ada

gejolak gunung api, janganlah berada di lembah yang akan dialiri lahar dengan pergerakannya yang sangat cepat. Carilah tempat yang berada di punggung gunung yang aman, yang tidak akan tersapu aliran lahar, terjangan awan panas, dan hujan abu.

GUNUNG JAYAGIRI, GUNUNG SUNDA, DAN GUNUNG TANGKUBANPARAHU

Di utara Bandung, di tempat Gunung Tangkubanparahu sekarang, di sana terdapat gunung api raksasa, sebut saja Gunung Jayagiri. Gunung ini kemudian meledak dahsyat hingga mengamburkan tubuhnya membentuk kaldera, kawah yang sangat luas. Dari sisi kaldera Jayagiri ini tumbuh gunung baru, yaitu Gunung Sunda. Letusan maha dahsyat Gunung Sunda telah mengamburkan tubuhnya membentuk kaldera. Dari kaldera Gunung Sunda inilah Gunung Tangkubanparahu terbentuk. Sampai sekarang, cucu Gunung Jayagiri ini terus memperlihatkan aktivitasnya, membentuk dirinya mengikuti jejak alam leluhurnya.

Kompleks Gunung Sunda dan Gunung Tangkubanparahu menyimpan sejarah bumi yang sangat panjang. Gunung ini mempunyai daya pikat dan pesona yang luar biasa, sehingga terus mendapat perhatian dari waktu ke waktu. Kawasan ini bukan hanya memiliki keragaman bumi, melainkan juga keragaman hayati. Di sana masih terdapat macan tutul (*Panthera pardus sondaicus*) yang menjadi simbol fauna Jawa Barat. Mochamad Nugraha Kartadinata (MNK, 2005) telah melakukan kajian secara mendalam tentang Gunung Tangkubanparahu dan Gunung Sunda. Data hasil kajiannya dijadikan dasar dalam tulisan ini.

Gunung Sunda (1.854 m. dpl.) yang terdapat dalam peta, itu hanyalah kerucut kecil dalam rangkaian panjang kaldera Gunung Sunda. Gunung Sunda yang sebenarnya dibangun dengan dasar gunung selebar lebih dari 20 km lebih, dengan ketinggian ± 4.000 m dpl. Sangat mungkin tinggi sesungguhnya lebih dari taksiran itu, sebab, pada umumnya sebuah gunung yang meletus hingga membentuk kaldera, menghancurkan dua per tiga tubuh gunungnya. Kalau saat ini titik tertinggi dari kaldera Gunung Sunda adalah 2.080 m dpl., artinya, tinggi gunung tersebut hanyalah satu per tiga bagian dari Gunung Sunda.

Sebelum Gunung Sunda terbangun, di sana terdapat Gunung Jayagiri. Letusan-letusan pertamanya mengalirkan lava yang terjadi dalam rentang waktu antara 560.000-500.000 tahun yang lalu. Kemudian letusan-letusan besar mengamburkan badan gunung ini hingga membentuk kaldera.

Tiga ribu abad kemudian, dari dalam kaldera itu terjadi aktivitas yang membangun gunung baru, yaitu Gunung Sunda. Letusan dahsyat Gunung Sunda oleh MNK dibagi menjadi tiga episode letusan utama.

Episode pertama berupa letusan-letusan yang mengalirkan lava, terjadi antara 210.000-128.000 tahun yang lalu. Episode kedua, terjadi 13 unit letusan, dalam satu unit letusan dapat terjadi lebih dari satu kali letusan besar. Episode ketiga berupa letusan-letusan yang mengamburkan badan gunung ini hingga membentuk kaldera, yang terjadi ± 105.000 tahun yang lalu.

Episode ketiga letusan Gunung Sunda dibagi lagi menjadi tiga fase letusan. Pertama fase plinian, letusan dengan tekanan gas yang sangat tinggi, melontarkan material sebanyak 1,96 km kubik ke angkasa, membentuk tiang letusan setinggi 20 km

Kompleks Gunung Sunda dan Gunung Tangkubanparahu menyimpan sejarah bumi yang sangat panjang. Gunung ini mempunyai daya pikat dan pesona yang luar biasa, sehingga terus mendapat perhatian dari waktu ke waktu.

dengan payung letusan sepanjang 17,5 km dan lebarnya 7 km.

Kedua fase freatomagmatik, letusan yang melontarkan awan debu dengan butiran-butiran kerikil gunung api, volumenya 1,71 km kubik.

Ketiga fase ignimbrit, yang terjadi ± 105.000 tahun yang lalu, yang menurut penelitian Rudy Dalimin Hadisantono (1988), volume yang dilontarkannya sebanyak 66 km kubik, yang mengarah ke barat laut, selatan, dan timur laut dari pusat letusan, menutupi kawasan seluas 200 km persegi dengan rata-rata ketebalan 40 meter, seperti dapat dilihat di Ciseupan, Campaka, Cisarua, Kampung Manglayang, Cipeusing, dan Taman hutan raya Ir. H. Djuanda. Belum terhitung 40% dari total material gunung api yang melayang-layang di angkasa dan jatuh di belahan bumi yang sangat jauh. Akibat banyaknya material yang dikeluarkan, sebagian besar dari tubuh Gunung Sunda ambruk dan membentuk kaldera seluas 6,5 x 7,5 km².

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



Ignimbrit Gunung Sunda di Kampung Manglayang, Cimahi Utara, Jawa Barat.

Foto: T. Bachtiar

Dari uraian di atas, dapat ditarik kesimpulan, letusan Gunung Sunda fase ketiga itulah yang telah mengurug Ci Tarum Purba di utara Padalarang, kemudian membentuk danau raksasa, Danau Bandung Purba. Bagian sungai ke arah hilir yang tidak tertimbun kini dinamai Ci Meta, sungai kecil dalam lembah besar Ci Tarum Purba.

Jadi, anggapan selama ini yang menyatakan bahwa letusan Gunung Tangkubanparahu telah membendung Ci Tarum itu terbantahkan, karena sebelum gunung ini meletus, ada gunung lain yang meletus sangat dahsyat, yaitu letusan Gunung Sunda.

Dari kaldera Gunung Sunda itu kemudian lahir Gunung Tangkubanparahu. Letusan-letusannya dibagi ke dalam dua kategori letusan seperti ditulis MNK, yaitu letusan Gunung Tangkubanparahu tua, antara 90.000-10.000 tahun yang lalu, yang pernah meletus sebanyak 30 unit letusan, dan letusan Gunung Tangkubanparahu muda, antara 10.000 - 50 tahun yang lalu, yang meletus 12 unit letusan.

H. Tsuya, seperti dikutip K. Kusumadinata (1979), menggolongkan derajat kehebatan letusan gunung api ke dalam 9 tingkatan, mulai dari derajat satu, yang hanya menghembuskan fumarola hingga

derajat IX yang melontarkan material gunung api lebih dari 100 km kubik. Bila gunung api itu mampu melontarkan material dari tubuhnya antara 10 - 100 km kubik, dapat digolongkan mempunyai derajat kehebatan VIII. Gunung Sunda termasuk kategori ini karena pada letusan fase ketiga melontarkan material vulkanik sebanyak 66 km kubik. Jumlah ini sebenarnya hanya 60%-nya saja, sebab yang dihitung hanya yang mengendap di permukaan. Sedangkan yang diterbangkan ke berbagai penjuru bumi tidak dihitung, jumlahnya mencapai 40%. Bila seluruhnya dijumlahkan, kedahsyatan Gunung Sunda mendekati kategori IX.

Sebagai bandingan, letusan dahsyat Gunung Krakatau 1883 hanya melontarkan material sebanyak 18 km kubik, dan letusan Gunung Tambora tahun 1815 menghamburkan 150 km kubik, dengan derajat kehebatan IX.

Sisa-sisa kedahsyatan letusan Gunung Jayagiri, Gunung Sunda, dan Gunung Tangkubanparahu, merupakan keragaman bumi yang luar biasa dan sangat baik bila dijadikan laboratorium alam untuk pembelajaran.



Cukangrahong, Tempat Bobolnya Danau Purba Barat.
Foto: T. Bachtiar

PERUBAHAN GEOMORFOLOGI CI TARUM

Ci Tarum yang pernah dijadikan batas kerajaan wilayah di Tatar Sunda itu namanya diambil dari nama tanaman tarum (nila). Daerah hulunya di Cisanti – Gunung Wayang. Ci Tarum mempunyai peran yang sangat penting dalam perkembangan manusia dan kebudayaan masyarakatnya. Secara alami, Bandung berada di kuali raksasa Cekungan Bandung. Ke dalam cekungan ini mengalir sungai-sungai yang bersumber dari gunung-gunung yang berada di pinggiran kuali raksasa itu, lalu berbelok mengalir ke arah barat laut, sesuai arah kemiringan wilayah ini.

Material letusan dahsyat Gunung Sunda itu membendung Ci Tarum di sekitar Ngamprah di utara Padalarang. Oleh karenanya ada bagian Ci Tarum yang hilang karena tertimbun, dan induk Ci Tarum dari daerah yang terbendung ke hilir menjadi anak Ci Tarum. Lambat laun, air Ci Tarum yang terbendung itu membentuk danau raksasa, yang kini kita sebut Danau Bandung Purba.

Pada saat Bandung menjadi danau raksasa, dan ketika air genangannya mulai bersentuhan dengan

dinding perbukitan di sisi barat danau, sejak itulah air merembes di dinding danau dan membentuk mata air di bawahnya, yang kemudian menjadi salah satu anak Ci Tarum Purba.

Ketika Danau sudah tergenang, Gunung Tangkubanparahu terbentuk dan meletus sekitar 90.000 tahun yang lalu dari sisi timur kaldera Gunung Sunda. Material letusannya sebagian mengisi sisi utara Patahan Lembang, dan sebagian lagi mengalir ke arah barat daya Bandung.

Aktivitas patahan, gerakan tanah dan kekuatan lain, seperti kuatnya erosi mudik yang mengikis hulu anak Ci Tarum, akhirnya kehalusan air itu dapat membobol breksi, bagian benteng alam paling kuat di antara Puncaklarang dan Pasir Kiara. Kini daerah itu dinamai Cukangrahong. Bobollah Danau Bandung Purba Barat.

Gua atau sungai bawah tanah Sanghyangtikoro, ternyata bukan tempat bobolnya Danau Bandung Purba yang selama ini diyakini dan ditulis dalam berbagai terbitan. Terdapat perbedaan ketinggian sekitar 400 meter antara Sanghyangtikoro dengan

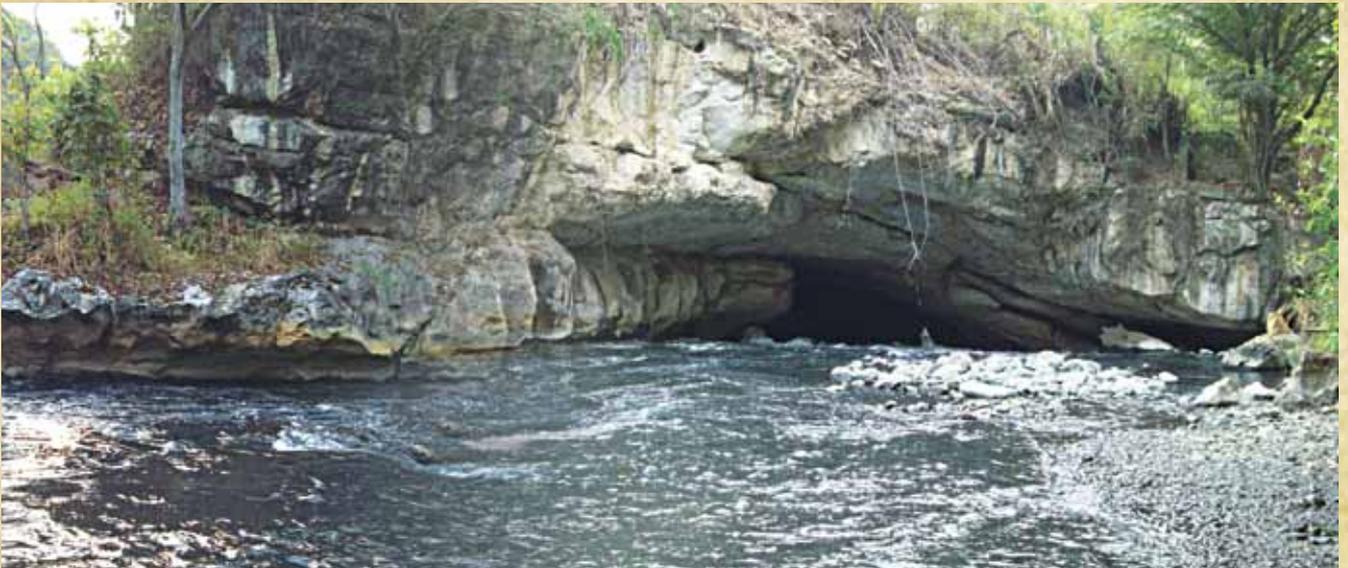
Puncaklarang dan Pasir Kiara sebagai bibir Danau Bandung Purba yang mencapai ketinggian 725 m dpl.

Derasnya aliran air Danau Bandung Purba Barat telah mengikis ke arah hulu, menggerus dan menjebol celah Danau Bandung Purba Timur di Curug Jompong, kemudian aliran Ci Tarum memotong Pematang Tengah yang terdiri dari bebatuan terobosan menuju arah barat.

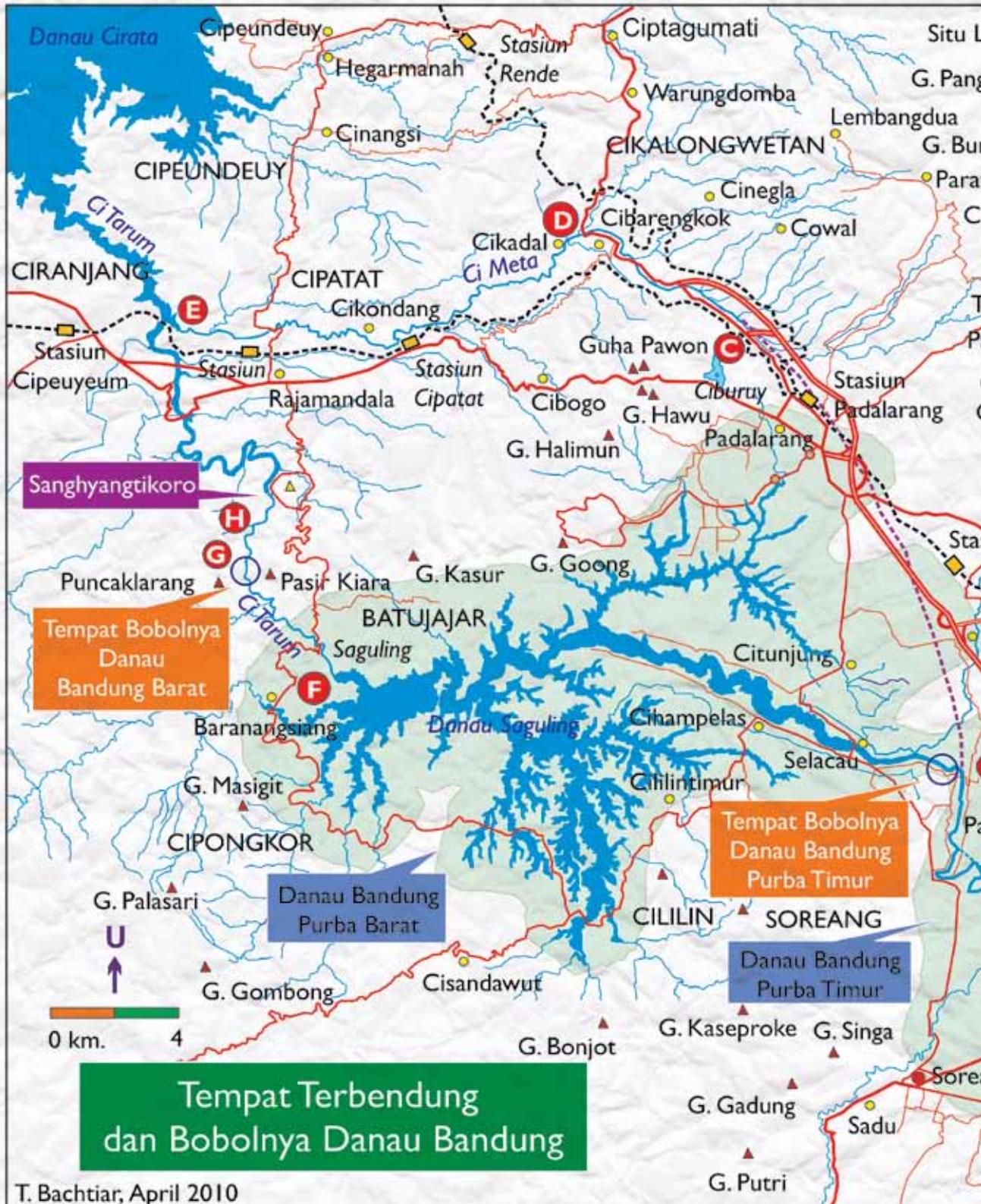
Pada akhir abad ke 20, aliran Ci Tarum di bagian tersempit di Selatan Rajamandala sengaja dibendung menjadi Danau Saguling untuk memenuhi kebutuhan energi listrik Jawa dan Bali, sehingga ada bagian Ci Tarum yang tergenang danau, dan sungai di bagian hilir bendungan menjadi sungai kecil, karena aliran air dari danau dialirkan melalui dua pipa pesat untuk memutarakan turbin pembangkit listrik di sekitar Sanghyangtikoro. ■

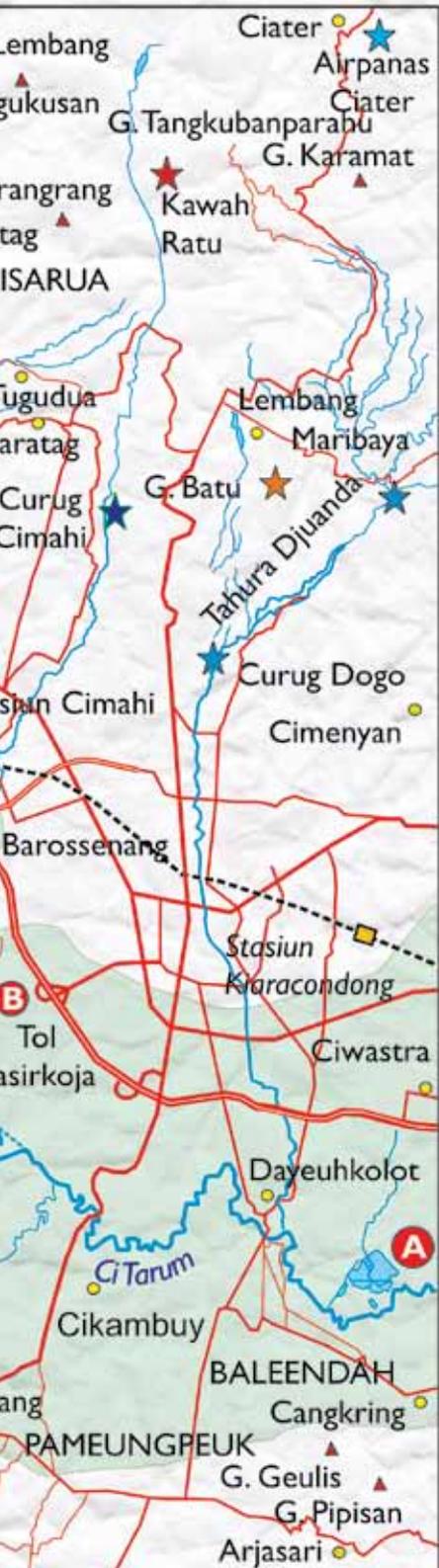


Curug Jompong, Tempat Bobolnya Bandung Purba Timur.
Foto: T. Bachtiar



Sanghyangtikoro, semula disangka tempat bobolnya Bandung Purba. Padahal pembobolan danau Bandung Purba terjadi di Cukangrahong.
Foto: T. Bachtiar





Pada mulanya Ci Tarum mengalir dari Cisanti di Gunung Wayang ke A, ke B, ke C, ke D, ke E, dan seterusnya hingga di Laut Jawa. Material letusan Gunung Sunda membendung Ci Tarum di utara Padalarang (C-D), membentuk danau Bandung Purba yang sangat luas, antara Cicalengka hingga Rajamandala, yang dipisahkan oleh pematang tengah, dan antara jalan Martadinata hingga Soreang, Baleendah dan Majalaya. Perubahan itu menyebabkan muara Ci Tarum di Cekungan Bandung menjadi di pinggir danau di sekitar Ciparay-Majalaya (A). Sejak 16.000 tahun yang lalu, danau Bandung Purba barat bobol di antara Puncaklarang dan Pasir Kiara (G), dan membobol batuan keras di Cukangrahong. selah pematang tengah terkikis, maka danau Bandung Purba timur bobol di Curug Jompong (B). Air danau Bandung Purba akhirnya masuk sebagian ke Sanghyangtikoro (G), dan sebagian lagi mengalir bagian sungai yang terbuka, maka susutlah danau ini, menyisakan rawa-rawa yang luas.

Penulis adalah anggota Masyarakat Geografi Indonesia dan Kelompok Riset Cekungan Bandung.

Saatnya beralih ke energi panas bumi.

Oleh: Agus Danar

Para ilmuwan dan para ahli terkenal secara luas mengatakan bahwa produksi listrik dari panas bumi dapat mempresentasikan luasnya sumber tenaga listrik yang bebas karbon di dunia saat ini.

Al Gore, Kompas

Al Gore, mantan Wakil Presiden Amerika Serikat dan penerima Hadiah Nobel Perdamaian 2007 dalam kunjungannya ke Indonesia, 9 Januari 2011, menyatakan bahwa Indonesia bisa menjadi negara pengguna energi panas bumi (*geothermal*) yang terbesar di dunia dan itu merupakan kelebihan dari sisi ekonomi. Pernyataan ini sangat beralasan karena Indonesia memiliki rangkaian gunung api sepanjang 6.000 km yang menjadi sumber energi panas bumi, yang dibentuk oleh interaksi tiga lempeng tektonik, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Pasifik. Data yang dimiliki oleh Badan Geologi, KESDM, potensi sumber daya panas bumi di Indonesia mencapai 28,5 Giga Watt (GW) yang tersebar di 265 lapangan panas bumi dan merupakan yang terbesar di dunia. Kenyataan tersebut sekaligus mendukung bahwa Indonesia bukan hanya pengguna, tetapi juga merupakan negara terbesar pemilik sumber panas bumi. Sangat disayangkan,

potensi potensial tersebut baru dimanfaatkan sebesar 1.196 Mega Watt (MW) atau 4,2% dari potensi yang ada dan menjadi negara ketiga yang memanfaatkan energi panas bumi setelah Amerika Serikat (2.900 MW) dan Filipina (2.000 MW).

Kecilnya pemanfaatan energi panas bumi tersebut tentu tanpa alasan. Pengembangan panas bumi membutuhkan dana investasi yang cukup besar dan berisiko finansial yang tinggi, khususnya di sisi eksplorasi dan pengembangan lapangan panas bumi. Berkaitan dengan itu, pengembangan panas bumi di Indonesia pada saat ini didominasi oleh tiga perusahaan, yaitu Pertamina Geothermal Indonesia sebesar 272 MW yang menguasai tiga Wilayah Kerja Panas Bumi (WKP), Chevron sebesar 630 MW di dua WKP, dan Star Energy sebesar 227 MW di satu WKP. Di luar enam WKP tersebut dan WKP Dieng, belum ada WKP baru yang menghasilkan listrik, sedangkan enam WKP yang baru selesai dilelang

hingga tahun 2009 belum menunjukkan kegiatan investasi yang memadai. Bahkan dalam 20 tahun terakhir belum ada lagi investasi di WKP yang baru (*green field*) yang menghasilkan listrik. Menyadari pentingnya kebutuhan tenaga listrik yang makin mendesak, Presiden RI, Susilo Bambang Yudhoyono mencanangkan percepatan pembangunan pembangkit listrik 10.000 MW tahap kedua pada periode 2009 sampai dengan 2014 yang didominasi hampir 50% pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP).

KEUNGGULAN ENERGI PANAS BUMI

Dilihat dari keunggulan yang dimilikinya, sumber daya panas bumi memang layak untuk dikembangkan secara signifikan. Apa saja keunggulan sumber daya panas bumi dibandingkan sumber daya energi fosil (termasuk batubara)?

Pertama, sumber daya panas bumi merupakan energi yang bersih dan ramah lingkungan. Emisi gas CO₂ yang dihasilkannya jauh lebih kecil dibandingkan dengan sumber energi fosil,

sehingga pengembangannya tidak merusak lingkungan, bahkan bila dikembangkan akan menurunkan laju peningkatan efek rumah kaca. Selain itu, pengembangan panas bumi dapat menjaga kelestarian hutan karena untuk menjaga keseimbangan sistem panas bumi diperlukan perlindungan hutan yang berfungsi sebagai daerah resapan. Kedua, sumber daya panas bumi dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan, atau cenderung tidak akan habis, selama keseimbangan sistem panas bumi di dalam bumi terjaga secara baik. Kehandalan pasokan (*security of supply*) tenaga listrik panas bumi terbukti dapat dipertahankan dalam jangka panjang (bisa lebih dari 30 tahun). Pada umumnya *capacity factor* pembangkit tenaga listrik yang ada di Indonesia bisa mencapai 90% per tahun, sehingga dapat dijadikan sebagai beban dasar dalam sistem ketenagalistrikan. Sebagai perbandingan, tahun ini PLN membutuhkan batubara 50 juta ton untuk semua pembangkit listriknya. Hingga bulan Maret 2011, pasokan batu bara baru tersedia sebanyak 7,2 juta ton untuk proyek percepatan pembangunan pembangkit listrik tenaga uap 10 ribu MW.



Asap ini berasal dari uap air (*steam*) dan sama sekali tidak mencemari lingkungan. Kelangsungan panas bumi memerlukan resapan air tanah demikian juga tanaman kentang, keduanya saling memelihara. Lapangan Panas Bumi Dieng.
Foto SR. Wittiri

Ketiga, pengangkutan sumber daya panas bumi tidak terpengaruh oleh risiko transportasi karena tidak menggunakan *mobile transportation* tetapi hanya menggunakan jaringan pipa dalam jangkauan yang pendek.

Keempat, harga listrik panas bumi akan kompetitif dalam jangka panjang karena ditetapkan berdasarkan suatu keputusan investasi, sehingga harganya dapat ditetapkan "flat" dalam jangka panjang.

Kelima, produktivitas sumber daya panas bumi relatif tidak terpengaruh oleh perubahan iklim tahunan sebagaimana yang dialami oleh sumber daya air yang digunakan oleh pembangkit listrik tenaga air (PLTA).

FAKTOR YANG MENGHAMBAT INVESTASI PANAS BUMI

Meskipun sumber daya panas bumi memiliki beberapa keunggulan, namun pengembangannya masih mengalami banyak hambatan. Faktor penghambat investasi tersebut adalah:

Pertama, tidak tersedianya infrastruktur, terutama jalan di sekitar lokasi pengembangan

panas bumi. Kondisi ini akan menyita waktu yang lama karena sebelum pembangunan proyek dimulai harus menunggu proses pembebasan lahan dan pembangunan infrastruktur.

Kedua, daerah panas bumi terletak dalam kawasan hutan konservasi dan kawasan hutan lindung. Berdasarkan data Badan Geologi menyebutkan bahwa pada tahun 2010, dari 265 daerah panas bumi (dpb) yang tersebar di seluruh Indonesia, terdapat 29 dpb (10,9%) dengan potensi 3.428 MWe terletak di dalam kawasan hutan konservasi dan 52 dpb (19,6%) dengan potensi 8.641 MWe berada di kawasan hutan lindung. Di dalam hutan konservasi tidak diperkenankan melakukan kegiatan proyek panas bumi, sedangkan di dalam hutan lindung dapat dilakukan dengan menggunakan mekanisme pinjam pakai. Kondisi seperti ini menyebabkan pembebasan lahan menjadi lebih lama karena harus melalui prosedur yang panjang.

Ketiga, meskipun Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 32 Tahun 2009 telah menetapkan harga patokan listrik panas bumi dapat mencapai US\$ cents 9,70 per kWh, PLN sebagai



Uap panas bumi tidak memerlukan transportasi yang bergerak. Pipa besar ini menyalurkan uap dari sumur panas bumi untuk energi listrik. Lapangan Panas Bumi Dieng.

Foto: SR. Wittiri



Foto: Gunawan

pembeli tunggal (monopsoni) tidak tertarik untuk membeli listrik panas bumi (*geothermal based energy*) dengan alasan harganya lebih mahal dari biaya pokok produksi (BPP) listrik batubara (*coal based energy*).

Keempat, sebelum memulai investasi, berbagai macam perizinan yang harus ditempuh, proses pembebasan lahan yang berliku, dan banyaknya peraturan daerah yang sering menghambat investasi menjadi hal yang menjadi kendala.

PENETAPAN HARGA LISTRIK PANAS BUMI BERBASIS KEPUTUSAN INVESTASI

Pemilihan pemanfaatan energi panas bumi merupakan suatu keputusan strategis, artinya memiliki implikasi jangka panjang karena harus melakukan investasi yang lebih besar terlebih dahulu. Oleh karena itu harga listrik panas bumi ditetapkan berdasarkan kelayakan investasi. Kegiatan investasi panas bumi baru dilakukan setelah ada kesepakatan harga listrik panas bumi antara pengembang panas bumi selaku penjual dan PLN selaku pembeli kemudian dituangkan dalam *Energi Sales Contract*

yang berjangka panjang. Dari kontrak-kontrak yang sudah ada selama ini, jangka waktunya tidak kurang dari 35 tahun, dimana 5 tahun untuk kegiatan eksplorasi, pengembangan lapangan panas bumi, dan pembangunan pembangkit listrik tenaga panas bumi, sisanya yang 30 tahun adalah masa komersial. Seorang investor panas bumi akan menetapkan harga listrik panas bumi yang dapat menghasilkan "tingkat pengembalian yang diharapkan" (*required rate of return, RRR*) yang sepadan dengan risiko proyeknya.

Para pengembang panas bumi dari luar negeri (khususnya yang berasal dari Amerika Serikat) biasanya menuntut tingkat pengembalian modal (*Internal Rate of Return, IRR*) yang tinggi (sekitar 20%) karena selain menghadapi *financial risk* yang tinggi, mereka juga menghadapi *country risk* yang tinggi pula. Harga listrik panas bumi sangat "*site specific*" karena dipengaruhi oleh ukuran proyek, ruang lingkup proyek, penjadwalan kegiatan proyek, nilai investasi, pendanaan proyek dan tingkat risiko proyeknya. Dengan demikian, harga listrik panas bumi sebesar US\$ cents 9,70 per kWh dalam



Solfatar di kawah Sileri.
Foto: Gunawan

Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 32 Tahun 2009 belum tentu bisa menjamin kelayakan bagi setiap investasi panas bumi, karena beberapa faktor tersebut di atas dan setiap investor memiliki persepsi yang berbeda-beda terhadap tingkat risiko suatu proyek yang tercermin dalam RRR, sehingga makin tinggi tingkat risiko suatu proyek, akan semakin tinggi harga listriknya!

Menurut pengkajian yang pernah penulis lakukan terhadap kasus total proyek panas bumi (proyek hulu dan hilir) berkapasitas 110 MW, dengan estimasi biaya investasi sekitar US\$ 350 juta yang digunakan untuk membangun jalan, lokasi, 4 sumur eksplorasi @ US\$ 5,5 juta per sumur, 20 sumur pengembangan (produksi dan injeksi) @ US\$ 5 juta per sumur, jaringan pipa, fasilitas pendukung dan PLTP seharga US\$ 165 juta dan asumsi masa pembangunan proyek 5 tahun, masa produksi 30 tahun, *capacity factor* PLTP 90% dan biaya operasi US\$ 1,1 cents per kWh, maka harga listrik panas bumi yang dihitung dengan menggunakan metode *discounted cash flow – rate of return* selama 35 tahun akan berkisar antara US\$ cents 9,32 sampai dengan 12,54 per kWh pada kisaran RRR antara 15% sampai dengan 20%. Apakah harga listrik

panas bumi yang bisa diberlakukan selama 35 tahun tersebut lebih mahal dibandingkan dengan Biaya Pokok Produksi (BPP) listrik batubara pada saat ini?

PERBANDINGAN HARGA LISTRIK HARUS BERWAWASAN STRATEGIS

Perbandingan harga listrik supaya menjadi adil, maka BPP listrik batubara (yang sepenuhnya merupakan komponen biaya tanpa laba dan pajak) juga harus dihitung secara flat dalam jangka panjang (misalnya 35 tahun) sesuai jangka waktu yang ditetapkan untuk harga listrik panas bumi.

Marilah kita mulai dengan menghitung BPP listrik batubara dengan menggunakan harga batubara yang pada saat ini melonjak drastis mendekati US\$ 140 per metrik ton akibat banjir besar di Queensland Australia serta naiknya harga minyak dunia. BPP listrik batubara pada saat ini dapat mencapai US\$ 10,05 cents per kWh (setara dengan Rp.904,- pada nilai tukar Rp.9.000,- per US\$), terdiri dari biaya modal US\$ 2,19 cent per kWh (dengan asumsi harga pembangkit listrik US\$ 1,2 juta per MW, bunga 8% per tahun, tenor 20 tahun, *capacity factor* 70%, PPN 10%), biaya bahan bakar US\$ 6,86 cents per



Kawah Sileri.
Foto: SR. Wittiri



Foto: Koleksi Badan Geologi



Foto: Koleksi Badan Geologi

kWh (dengan asumsi harga batubara US\$ 140 per metrik ton, *heat value* 5.000 kg/kcal dan *specific coal consumption* 0,49 kg/kWh) dan biaya operasi diasumsi US\$ 1 cent per kWh. Bayangkan, BPP listrik batubara pada saat ini (US\$ 10,05 cents per kWh) sudah di atas *ceiling price* listrik panas bumi yang ditetapkan Pemerintah (US\$ cents 9,70 per kWh)!

Berapa besarnya BPP listrik batubara kalau harga batubara mengalami eskalasi setiap tahunnya (misalnya 10% per tahun) selama 35 tahun ke depan? BPP tersebut akan menjadi US\$ cents 14,24, US\$ cents 20,98, US\$ cents 31,84, dan US\$ cents 195,89 per kWh pada 5 tahun, 10 tahun, 15 tahun, dan 35 tahun ke depan. Bagaimana harga *flat*-nya (*levelized BPP*) selama 35 tahun? *Levelized BPP* listrik batubara selama 35 tahun adalah sebesar US\$ cents 30,58 per kWh jauh lebih tinggi dari pada harga listrik panas bumi! Kalau sudah begini, mengapa kita tidak beralih ke energi panas bumi?

HARAPAN DI MASA DEPAN

Harga listrik panas bumi dan BPP listrik batubara di atas bukanlah harga mati yang tidak bisa berubah karena bersifat spesifik tergantung asumsi yang digunakan, namun yang lebih penting dari itu adalah substansinya dalam membandingkan harga energi harus memperhatikan wawasan strategis

yang memandang kepentingan jangka panjang. Walaupun penulis mempromosikan energi panas bumi, namun penulis tidak bermaksud mematikan energi yang lain (termasuk batubara), tetapi Pemerintah seyogyanya melakukan *energy mixed* dengan memperhatikan *shadow price* dan *multi purpose* dari masing-masing energi.

Akhirnya penulis mengharapkan pemerintah mendukung dengan sepenuh hati pengembangan panas bumi di Indonesia, khususnya yang berkaitan dengan Program Percepatan 10.000 MW tahap kedua, hilangkan segala *barriers* yang mengganggu dan berikan berbagai insentif yang dapat mendorong pengembangan panas bumi secara optimal. PLN agar bersedia membeli listrik panas bumi, berbagai instansi terkait dan Pemerintah Daerah agar memberikan dukungan sepenuhnya dan Kementerian Keuangan dengan segala kewenangannya ikut menentukan harga listrik panas bumi agar *bankable*. Marilah kita sambut era revolusi energi hijau seperti yang diterapkan oleh negara-negara maju lainnya. ■

Penulis adalah Konsultan Investasi Panas Bumi.

Kokomes

*mencegah longsor,
meningkatkan ekonomi
perdesaan*



Foto: <http://foto.detik.com>

*Oleh: Oman Abdurahman
dan Oki Oktariadi*

“ Tak disangka, sabut kelapa telah terbukti mampu berperan sebagai media reklamasi, pencegah erosi dan penahan longsor pada kawasan reklamasi lahan bekas tambang. Dengan kokomes atau jaring sabut kelapa, lahan bekas tambang dapat ditingkatkan kestabilannya dan dipercepat proses penghijauannya sehingga tahan longsor. Kemampuan kokomes ini dapat diperluas ke lahan-lahan kawasan rawan gerakan tanah, sehingga bencana longsor pada kawasan tersebut dapat dicegah. Kokomes potensial untuk perbaikan lahan, sehingga mengurangi potensi longsor.

”

Longsor, atau sering disebut gerakan tanah merupakan salah satu jenis gerakan massa tanah atau batuan, ataupun percampuran tanah dan batuan, menuruni atau keluar lereng akibat terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng tersebut. Massa tanah atau massa batuan, karena berhubungan dengan pengaruh gravitasi, dapat disebut sebagai berat tanah atau berat batuan. Menurut Varnes (1978), material atau bahan yang menyebabkan longsor dapat berupa batu, tanah, campuran keduanya yang membentuk lereng, dan longsor adalah ke arah bawah menjauhi lereng asalnya.

Kejadian gerakan tanah dikontrol oleh faktor penyebab dari dalam (internal) dan faktor penyebab dari luar (eksternal). Faktor internal berupa genesis morfologi lereng, geologi, jenis tanah atau batuan, dan keadaan tektonik serta kegempaan. Faktor luar yang mengendalikan kondisi longsor tergantung bentuk dan geometri lereng, pengikisan tanah/batuan, patahan, hujan, peningkatan air tanah pada massa tanah/batuan, dan perilaku manusia terhadap lahan yang berada di suatu lereng.

Di Indonesia terdapat wilayah-wilayah yang sering mengalami bencana longsor. Bencana longsor dalam arti yang khusus adalah mewujudnya ancaman atau potensi bencana longsor dan berpadu dengan kerentanan terhadap longsor tersebut yang menimpa suatu masyarakat, sehingga masyarakat tidak dapat pulih dari dampak yang ditimbulkannya, kecuali dengan bantuan dari masyarakat luar. Dengan kata lain, suatu bahaya longsor baru disebut bencana apabila sudah muncul korban dan kerusakan. Untuk memulihkannya diperlukan bantuan dari luar masyarakat tersebut. Namun demikian, suatu longsor yang terjadi dan menimbulkan korban meskipun tidak banyak, dan masyarakat di daerah kejadian tersebut dapat pulih kembali tanpa bantuan dari luar, dalam skala kecil, tetap termasuk kategori bencana.

Ancaman atau bahaya longsor atau potensi bencana longsor, tersebar di berbagai daerah sebagai akibat dari posisi Indonesia secara geologi yang terletak di daerah dinamis akibat gerakan lempeng-lempeng tektonik dan di daerah tropis yang banyak mendapat hujan (Gambar Hal. 58). Ancaman tersebut akan bertambah kuat dengan banyaknya lahan bekas penambangan yang tidak direklamasi atau akibat penggundulan hutan dan aktivitas manusia yang tidak memperhatikan kestabilan lereng dan lahan. Teknologi yang dapat

mencegah kejadian longsor dalam hal ini termasuk teknologi yang menurunkan bahaya atau ancaman longsor.

Kerentanan terhadap longsor, misalnya tata guna lahan tertentu seperti pemukiman, sarana atau fasilitas umum, sumber-sumber mata pencaharian penduduk seperti sawah, kebun, kolam, dan lainnya. Dalam hal ini, kesiapsiagaan masyarakat untuk dapat mengevakuasi diri dari ancaman longsor, jika hal itu mungkin dilakukan, termasuk aspek yang mengurangi kerentanan terhadap longsor tersebut. Dengan demikian, dapat kita pahami bahwa bahaya (kejadian) longsor tidak akan menimbulkan bencana atau sedikit menyebabkan kerugian apabila longsor tersebut terjadi di daerah yang tidak memiliki kerentanan atau kerentanannya sangat rendah,

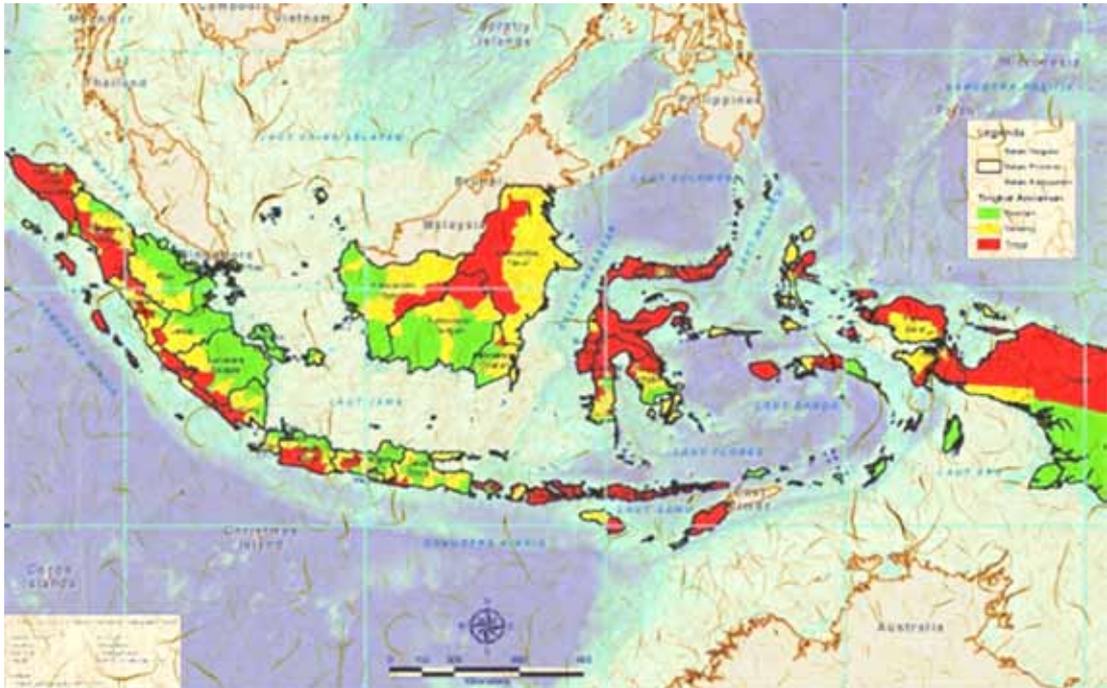
Di Indonesia terdapat wilayah-wilayah yang sering mengalami bencana longsor. Bencana longsor dalam arti yang khusus adalah mewujudnya ancaman atau potensi bencana longsor dan berpadu dengan kerentanan terhadap longsor tersebut yang menimpa suatu masyarakat, sehingga masyarakat tidak dapat pulih dari dampak yang ditimbulkannya, kecuali dengan bantuan dari masyarakat luar.

seperti daerah tak berpenduduk, tata guna lahan berupa tanah kosong atau tegalan, dan lainnya.

Jumlah kejadian longsor yang menimbulkan korban di Indonesia dari tahun 2005 hingga 2010 di Indonesia tercatat sebanyak 723 kejadian sebagaimana ditunjukkan pada Tabel halaman 58.

Dari Tabel halaman 60 dan Gambar halaman 59 diketahui bahwa wilayah Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur pada tahun 2010 merupakan kawasan yang paling sering mengalami kejadian longsor. Risiko berupa korban jiwa, kerusakan rumah dan lainnya yang dialami di ketiga daerah tersebut, khususnya Jawa Barat, tetap tertinggi. Jelaslah bahwa penanganan terhadap daerah rawan bencana atau daerah bahaya longsor dan daerah rentan terhadap bahaya longsor harus memadai dan perlu terus ditingkatkan sehingga dapat meminimalkan korban jiwa, harta benda masyarakat, dan mengamankan investasi pemerintah dan pemda. Peran semua pihak, terutama peran masyarakat yang berada atau terancam oleh bahaya longsor sangat diperlukan, sebab kemampuan pemerintah terbatas. Pemerintah tidak mungkin dapat menjangkau semua kawasan potensi longsor. Untuk itu, masyarakat perlu memiliki bekal pengetahuan atau informasi praktis tentang bahaya longsor dan kerentanan terhadapnya.

Peta Indeks Ancaman Bencana Gerakan Tanah Indonesia



Peta ancaman atau potensi bahaya gerakan tanah (longsor) di Indonesia. Keterangan untuk Legenda: batas negara (garis coklat), batas provinsi (garis hitam), dan batas kabupaten (garis kelabu); Keterangan untuk Tingkat Ancaman: Rendah (hijau), Sedang (kuning), Tinggi (merah).

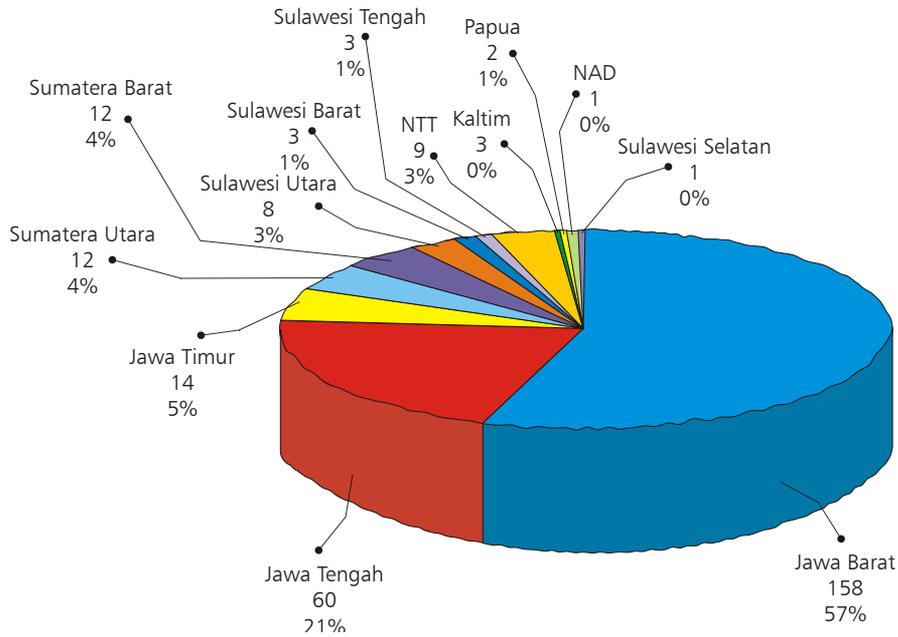
Sumber: Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2007.

Data kejadian longsor (gerakan tanah) di Indonesia 2005-2010

Tahun	Kejadian	Meninggal Dunia (orang)	Luka-luka (orang)	Rumah Rusak (unit)	Rumah Hilang (unit)	Rumah Terancam (unit)	Lahan Pertanian Rusak (Ha)	Jalan Rusak (m)
2005	51	243	22	532	283	788	557	1370
2006	83	603	276	2050	276	910	5707	39210
2007	101	312	498	136	195	225	45	773
2008	139	88	23	1553	253	1555	164	508
2009	161	659	237	2379	513	1177	7	3061
2010	188	467	138	2819	476	1673	275,7	1201
Total 2005-2010	723	2.372	1.194	9.469	1.996	6.328	6.480	46.123

Sumber: Badan Geologi, Februari 2011 (laporan internal)

Kejadian Gerakan Tanah di Beberapa Provinsi di Indonesia 2003 - 2007



Jumlah Korban Jiwa Gerakan Tanah 2003-2007

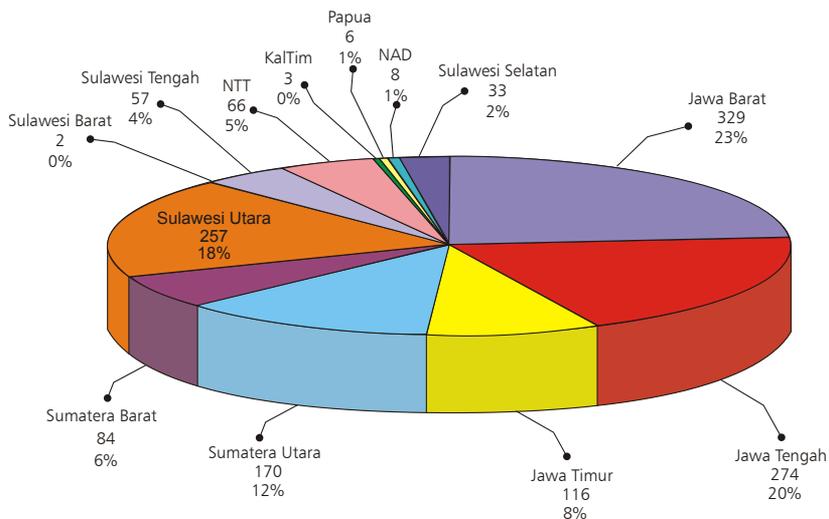


Diagram longsor di Indonesia, 2003-2007 per provinsi lokasi kejadian: jumlah kejadian (atas) dan jumlah korban meninggal (bawah).

Sumber: Badan Geologi, Februari 2011 (laporan internal).

**Data Tabulasi Kejadian Longsor dan Korban Serta Kerusakannya
di Indonesia per Provinsi Tahun 2010**

PROVINSI	Kejadian	MD	LL	RR	RH	RT	BLR	BLH	LPR	JLN	SIP
Jawa Barat	113	79	28	857	288	1519	39	12	238.7	1026	210
Jawa Tengah	16	21	53	57	4	21	1	-	-	-	-
Jawa Timur	22	8	2	93	33	52	5	1	43	-	-
Banten	1	-	-	4	-	-	3	-	-	-	-
DI. Yogyakarta	3	-	-	18	-	-	-	-	-	350	-
Sumatera Barat	9	6	16	45	13	-	3	-	-	50	-
Sumatera Selatan	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sumatera Utara	5	14	1	31	9	10	1	-	-	-	-
Kalimantan Timur	1	3	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Bali	3	3	4	11	-	-	-	-	3	-	-
NTT	5	-	-	29	-	32	-	-	-	-	-
Sulawesi Tenggara	1	9	-	26	-	-	-	-	-	-	-
Sulawesi Barat	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulawesi Tengah	1	14	14	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulawesi Selatan	4	2	-	-	-	-	-	-	-	75	-
Sulawesi Utara	2	2	1	6	15	-	-	-	-	-	-
Jambi	1	1	-	60	100	-	-	-	-	-	-
Lampung	1	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Bengkulu	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-
Maluku	5	28	14	21	28	48	3	-	-	-	-
Maluku Utara	1	2	1	32	-	-	-	-	-	-	-
Papua Barat	1	276	-	1541	-	-	116	9	-	-	-
TOTAL	199	470	139	2831	491	1682	171	22	284.7	1501	210

Keterangan:

MD = orang meninggal dunia; LL = orang luka-luka; RR = Rumah rusak; RH = rumah hilang; RT = rumah terancam; BLR = bangunan lainnya rusak; BLH = bangunan lainnya hancur; LPR = lahan pertanian rusak (hektar0 ; JLN = jalan rusak (m); SIP = saluran irigasi terputus (m). **Sumber:** Badan Geologi, Februari 2011 (laporan internal)

KOKOMES UNTUK MENCEGAH LONGSOR

Longsor bisa terjadi apabila kegiatan-kegiatan mengolah alam tidak dirancang dan dikelola dengan baik, terutama pada kegiatan penambangan yang sering menimbulkan kesan selalu merusak lingkungan, terutama kegiatan penambangan yang tidak melakukan reklamasi bekas tambang. Kerusakan lahan akibat bekas tambang dibiarkan tanpa reklamasi sehingga erosi dan longsor dapat menelan korban, seperti yang pernah terjadi di lokasi penambangan Mangan di Kecamatan Karangnunggal, Kabupaten Tasikmalaya.

Dampak negatif lainnya yang terjadi sebagai akibat kegiatan penambangan adalah degradasi lahan yang berawal dari hilangnya vegetasi akibat

land clearing dan kegiatan penggalian yang menyebabkan peningkatan erosi dan longsor yang berlanjut terjadinya sedimentasi, penurunan kualitas air, penurunan kuantitas air bawah tanah, biota akuatik, dan kesuburan tanah. Oleh karena itu, pelaksanaan reklamasi tidak harus menunggu sampai seluruh kegiatan penambangan berakhir, terutama pada kawasan pertambangan besar yang terbagai ke dalam blok-blok penambangan.

Salah satu kegiatan reklamasi dan pencegahan lahan rawan longsor adalah dengan pemanfaatan jaring sabut kelapa atau *kokomes*. Istilah *kokomes* berasal dari istilah aslinya dalam bahasa Inggris, yaitu *cocomesh* (dalam tulisan ini selanjutnya, akan digunakan istilah *kokomes*).



Seorang Ibu sedang menggali tanah untuk mendapatkan butir-butir mangan yang menyebabkan kerusakan lahan.
Sumber: Oki Oktariadi



Gulungan kokomes (kiri), tebing yang sudah dipasang kokomes (tengah), dan tanaman yang sudah mulai tumbuh pada jaring-jaring kokomes yang dipasang pada sebuah dinding tebing reklamasi (kanan).
Sumber: <http://rumahsabut.blogspot.com/2009/07/cocomesh-jaring-sabut-kelapa.html>

Saat ini kita mengenal sabut kelapa hanya dibuat *kesed*, kerajinan dan produk sederhana lainnya yang pangsa pasarnya masih sangat kecil. Namun, karena perkembangan kreativitas dan teknologi, kini telah muncul berbagai produk turunan dari sabut kelapa, seperti kasur, bantal, matras (*sebutret*) dan produk unggulan saat ini, yaitu *kokomes* atau jaring sabut kelapa. Menurut Arif Nugroho (2010), *kokomes* telah menjadi primadona dalam membantu proses reklamasi tambang, pantai, atau hutan. Sifatnya yang secara biologi dapat didaur-ulang (*biodegradable*) dan kuat, membantu mempermudah tumbuhnya tanaman baru pada bidang lahan yang dialasi oleh *kokomes* yang diletakkan di tanah bekas tambang.

Kokomes memberikan perlindungan, dan dengan sifatnya yang sangat elastis, pemanfaatannya pada kegiatan **reklamasi lahan bekas tambang** telah terbukti mampu menghijaukan areal bekas tambang, atau hutan gundul. *Kokomes* juga digunakan **sebagai media pencegah erosi dan longsor**. Selain itu, *kokomes* juga dapat digunakan sebagai lapisan alas yang pertama untuk dudukan jalan sebelum di aspal, agar aspal atau jalan tidak pecah dan tidak mengalami retak-retak. Ke depan, penggunaan *kokomes* dapat ditingkatkan untuk upaya mitigasi

atau pengurangan risiko bencana longsor. Kawasan-kawasan yang sudah diketahui sebagai langganan longsor dapat ditingkatkan kestabilan lerengnya melalui penggunaan *kokomes*.

Pengolahan sabut kelapa menjadi *kokomes* banyak dilakukan secara swadaya maupun pabrikan. Secara swadaya umumnya melibatkan puluhan ibu-ibu dan pengangguran di desa-desa yang memiliki kebun kelapa. Kemampuan secara swadaya mampu berproduksi dan bersaing dengan industri pabrikan dengan kualitas yang hampir sama. Ukuran standar 1 rol *kokomes* dapat berukuran: 2 x 20 m², 2 x 25 m², dan lainnya. Kemampuan produksi tersebut dapat terus meningkat apabila sabut kelapa secara masal dimanfaatkan untuk kegiatan reklamasi baik di sektor pertambangan maupun pada daerah pembangunan infrastruktur seperti pada bekas pemotongan lereng pembangunan jalan, permukiman, dan bendungan air.

Beberapa perusahaan pertambangan telah berhasil dalam melakukan reklamasi dan pencegahan longsor dengan aplikasi *kokomes*, antara lain; *Chevron Geothermal* (Garut), *Freeport* (Papua), *Martabe AccessRoad* (Sumut), dan *Berau Coal* (Kaltim).



Pembuatan *kokomes* yang dilakukan secara swadaya masyarakat di kawasan perkebunan kelapa.

Sumber: <http://keuangan.kontan.co.id/v2/read/pejuang%20usaha/46769/Cocomesh-tingkatkan-nilai-jual-sabut-kelapa>



Coconet yang ada di kawasan bekas tambang Freeport, mampu mengurangi tingkat erosi dan longsor. **Sumber:** <http://produkkelapa.wordpress.com/2009/07/28/aplikasi-cocomesh-untuk-reklamasi-tambang/>

Coconet yang dimanfaatkan untuk tebing jalan sebagai pengendali longsor dan erosi di Kawasan Panas Bumi Chevron Kabupaten Garut. **Sumber:** <http://produkkelapa.wordpress.com/2009/07/28/aplikasi-cocomesh-untuk-reklamasi-tambang/>



PENCEGAHAN LONGSOR BERBASIS MASYARAKAT DAN PENINGKATAN EKONOMI PERDESAAN

Penanganan daerah rawan bencana longsor dilakukan dengan dua langkah. Pertama, dengan mengurangi faktor bahaya longsor, dan kedua, dengan mengurangi kerentanan terhadap longsor. Mengurangi bahaya dilakukan dengan memperhatikan (monitoring) secara rutin atas faktor-faktor penyebab longsor, seperti kondisi kestabilan lereng, kondisi tutupan lahan apakah di atas lereng tersebut hijau oleh tumbuhan atau gundul; hujan, terutama hujan besar atau hujan yang terus menerus, kegiatan-kegiatan manusia yang dapat menyebabkan longsor. Setelah monitoring kemudian dilakukan usaha-usaha mengurangi atau mencegah faktor-faktor bahaya longsor tersebut, salah satunya melalui penggunaan kokomes.

Upaya mengurangi kerentanan terhadap longsor, misalnya dengan tidak melakukan kegiatan yang dapat menurunkan kestabilan lereng, meningkatkan penghijauan pada kawasan lereng yang gundul dan lainnya. Langkah-langkah mengurangi bahaya dan kerentanan terhadap longsor tersebut sebenarnya dapat dilakukan oleh masyarakat setempat dengan inisiatif sendiri. Pemerintah atau pemerintah daerah (pemda) dalam hal ini berkewajiban untuk memfasilitasi upaya pencegahan longsor atas inisiatif dan dilaksanakan oleh masyarakat setempat.

Sejauh ini, kasus longsor lebih banyak dilihat dari sudut pandang pemerintah. Dalam mensosialisasikan pencegahan dan penanganan bencana longsor, pemerintah atau pemda jarang melihat bencana longsor dari perspektif masyarakat, dari nilai-nilai tradisi dan adaptasi masyarakat terhadap nilai-nilai dari luar. Masyarakat hanya diharapkan menerima apa saja yang dianggap baik oleh pemerintah/pemda. Masyarakat pun tidak pernah belajar untuk berpartisipasi aktif karena kemandiriannya tidak dijaga. Akhirnya, masyarakat selalu menjadi sosok yang pasif dan tidak kreatif karena tidak pernah dilibatkan untuk memecahkan setiap masalah yang dihadapinya.

Kesadaran masyarakat akan timbul, jika mereka merasakan manfaatnya dan mempunyai rasa memiliki. Artinya, setiap pemberdayaan masyarakat harus didasarkan pada nilai-nilai dasar yang tumbuh di dalam masyarakat tersebut. Oleh sebab itu, setiap bentuk sosialisasi pencegahan dan penanganan bencana longsor harus melibatkan sistem pengetahuan lokal. Di sini berbagai bentuk pengetahuan lokal perlu dipahami, dihargai, dan dijadikan pedoman utama dalam kehidupan masyarakat. Tanpa memahami sistem pengetahuan masyarakat lokal terhadap bencana longsor, sosialisasi pencegahan dan penanganan bencana tersebut tidak akan efektif.



Salah satu potensi sumber daya lokal dan pengetahuan lokal yang dapat digunakan untuk mencegah bencana longsor dengan pemberdayaan masyarakat adalah penggunaan *kokomes* untuk usaha wanatani (*agroforestry*). Usaha wanatani telah terbukti di beberapa daerah mampu memberikan keuntungan, baik ekonomi maupun keuntungan lingkungan (gambar di bawah). Hal itu, karena melalui wanatani, konservasi lahan dapat dijalankan

maupun bawah. Penghijauan untuk konservasi lahan rawan longsor sebaiknya menggunakan pohon yang memiliki sistem perakaran dalam, diselingi dengan tanaman-tanaman (perdu) yang lebih pendek dan ringan, serta bagian dasar ditanami rumput. Sementara perbaikan dan pemeliharaan saluran air (drainasenya) perlu dilakukan untuk menjauhkan air dari lereng untuk menghindarkan air meresap ke dalam lereng, atau menguras air dalam lereng



Keberhasilan wanatani salah satu perusahaan pada lahan rawan longsor di Desa Suka Makmur, Kecamatan Jonggol, Kabupaten Bogor



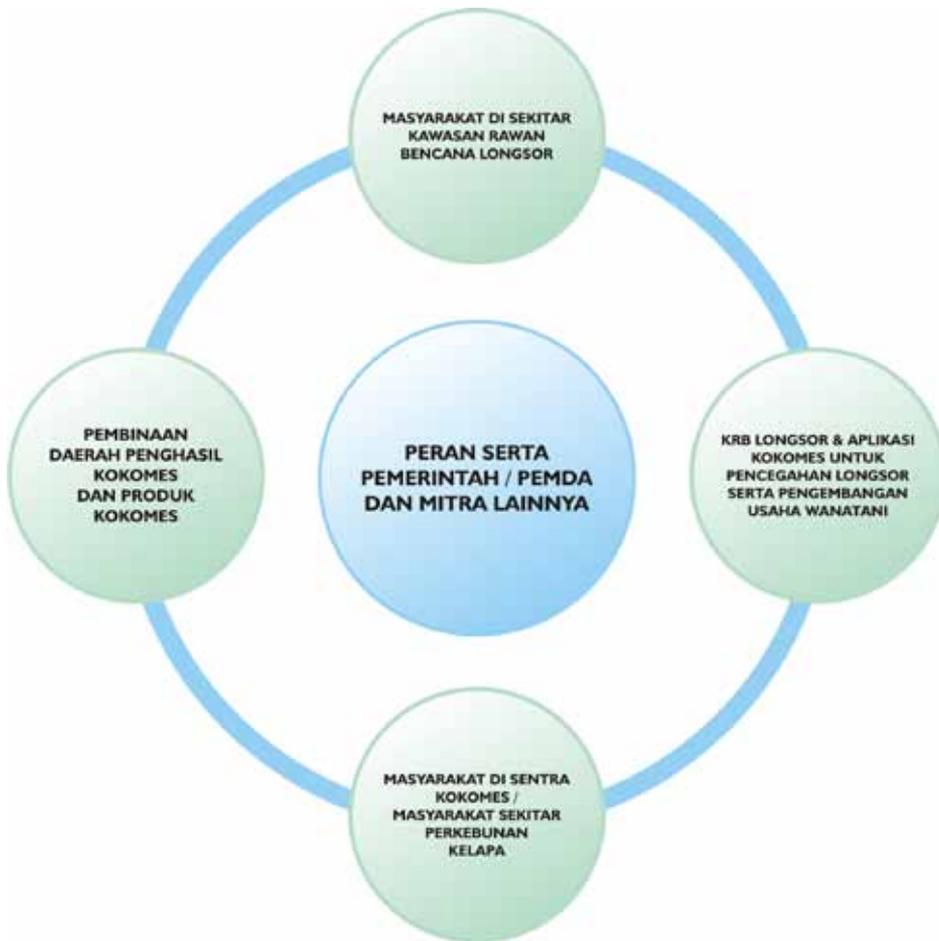
Hasil tumpang sari berupa padi Gogo melalui pemberdayaan masyarakat desa di Desa Suka Makmur, Kecamatan Jonggol, Kabupaten Bogor.

dengan baik sekaligus mempertahankan daya dukung dan fungsi lingkungan.

Sistem wanatani merupakan strategi yang sangat tepat untuk meningkatkan stabilitas lereng. Karena dalam wanatani terdapat pepohonan yang beragam, sehingga meningkatkan jaringan akar-akar yang kuat baik pada lapisan tanah atas

keluar lereng sehingga air tidak menyebabkan terganggunya kestabilan lereng.

Karena sifat-sifatnya yang baik untuk konservasi lingkungan, *kokomes* diyakini dapat menjadi media yang baik digunakan dalam sistem wanatani. *Kokomes* berpotensi menjadi media untuk mengurangi ancaman longsor yang dilakukan secara



Bagan alur pengembangan pencegahan longsor berbasis masyarakat dengan penggunaan kokomes sebagai salah satu teknologi terjangkau dan peningkatan ekonomi perdesaan

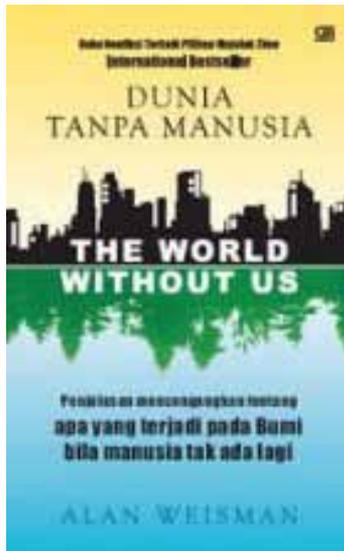
mandiri oleh masyarakat. Daerah penghasil kelapa dapat bekerja sama dengan daerah-daerah potensi longsor sehingga terjadi pasokan sumber bahan baku *kokomes* atau produk *kokomes* itu sendiri ke daerah rawan longsor untuk diterapkan dalam perbaikan kualitas lahan sehingga mengurangi potensi longsor dan dipadukan dengan usaha wanatani. Produk sejenis *kokomes* mungkin pula dikembangkan dari pohon jenis kelapa, seperti aren, dan lainnya. Sedangkan dari usaha wanatani di daerah rawan bencana longsor diharapkan berlangsung pasokan produk-produk pertanian yang diperlukan oleh kawasan penghasil *kokomes*. Semacam subsidi silang yang difasilitasi oleh pemerintah/pemda dapat berlangsung sebagaimana dalam siklus di bawah ini.

Dengan penggunaan *kokomes* dan wanatani, lahan-lahan kritis rawan longsor dapat dikelola menjadi lahan usaha tani sekaligus konservasi lahan yang menguntungkan masyarakat penggarap dan masyarakat di sekitarnya. Dengan sistem wanatani pada kawasan rawan longsor, longsor akan tercegah, sumber-sumber air alami akan terjaga, dan ekonomi masyarakat perdesaan pun meningkat. Pemerintah harus memfasilitasi upaya mitigasi bencana longsor yang dilakukan atas inisiatif masyarakat seperti usaha wanatani ini, atau kita sebut "mitigasi bencana longsor berbasis masyarakat". ■

Kedua penulis bekerja di Badan Geologi.

Resensi Buku

Ketika Manusia Menghilang dari Atas Bumi



Data Buku:

Judul	: Dunia Tanpa Manusia
Pengarang	: Alan Weisman
Penerbit	: Gramedia
Tahun Terbit	: 2009
Tebal	: 430 halaman
Judul Asli	: The World Without Us
Tahun Terbit	: 2007

Bumi ini mungkin bukan planet yang sama seandainya manusia tidak beranak-pinak. Demikian salah satu kalimat pada bab pembuka buku "Dunia Tanpa Manusia" (*The World Without Us*) yang dikarang oleh wartawan Amerika, Alan Weisman. Ia berandai-andai, jika manusia tiba-tiba menghilang meninggalkan seluruh peradabannya di Bumi ini secara tiba-tiba dan bersama-sama, apa yang akan terjadi pada Bumi yang ditinggalkannya?

Weisman tergelitik untuk menulis buku itu ketika seorang editor *Discover Magazine*, Josie Glausiusz, terinspirasi karya tulisnya tentang pulihnya lingkungan setelah kaburnya orang-orang

dari Chernobyl. Weisman kemudian memulai riset panjang untuk mewujudkan bukunya itu. Banyak ilmuwan dihubunginya. Bahkan ia beberapa kali ikut terlibat riset dengan para ahli atau ilmuwan tersebut.

Sebanyak 225 makalah dari berbagai tema telah dilahapnya, dan 86 buku menjadi acuannya. Temanya sangat luas tersebar dari berbagai bidang ilmu, mulai dari Geologi, Geografi, Biologi, Kimia, Fisika, Statistik, Teknik Sipil, Ekologi, Lingkungan, Sosial, Budaya, Politik, Sejarah, bahkan Agama, dan lain sebagainya.

Dari beberapa kasus yang dipikirkannya, di antaranya adalah bagaimana peran besar manusia

dalam membangun Terusan Panama, yang menghubungkan Lautan Pasifik dengan Atlantik, dan menjadi urat nadi ekonomi Amerika Serikat. Terusan yang memanfaatkan sistem hidrolik untuk melintasi perbukitan di tanah genting Panama itu, tanpa campur tangan manusia akan mudah putus dan hancur. Proses-proses longsor, banjir dan erosi akan dengan segera menyatukan kembali Amerika bagian utara dan selatan, jika manusia lalai merawatnya.

Sesuai dengan risetnya yang luas, banyak kasus lingkungan lainnya menjadi perhatiannya. Contohnya peristiwa di suatu malam yang masih sangat dingin di Chernobyl, Uni Sovyet saat itu, April 1986, ketika kelalaian operator mengakibatkan meledaknya salah

Buku ini dapat menjadi seperti ilustrasi suatu teori yang telah dikenalkan pada 1979 oleh James Lovelock pada bukunya "Gaia: A New Look at Life on Earth." Teori Gaia Lovelock menyatakan bahwa Bumi sangat dinamis sehingga apapun proses perubahan atau kerusakan yang terjadi padanya, Bumi akan memulihkan dirinya sendiri.

satu reaktor nuklir, menyemburkan awan radioaktif yang menjadi bencana bagi kota kecil dan sebagian wilayah Ukraina. Setelah itu Chernobyl menjadi kota mati. Namun pada musim semi tahun berikutnya, kehidupan seakan-akan mulai pulih. Burung-burung berdatangan dan bersarang. Tumbuhan menghijau kembali.

Begini pula bagaimana suatu daerah demiliterisasi antara Korea Utara dan Selatan yang merupakan ladang ranjau, justru menjadi kawasan ekologis yang lengkap dengan kehidupan liarnya setelah perang berakhir 1953. Atau suatu kawasan wisata di Siprus yang kembali menjadi liar dengan cepat setelah perubahan lingkungan laut menjadikan kawasan tersebut ditinggalkan para wisatawan. Weisman juga membayangkan apa yang terjadi ketika pompa-pompa air berhenti bekerja di New York. Saluran-saluran kereta api bawah tanah akan segera dibanjiri air laut, dan dalam sekejap New York akan kembali menjadi daerah rawa-rawa seperti pada awalnya.

Banyak lagi contoh yang Weisman kemukakan di bukunya setebal 430 halaman edisi Indonesia terbitan Gramedia (2009), seperti pengaruh pertanian, ladang-ladang minyak, tempat pembuangan sampah nuklir, pulau sampah plastik di

tenang-tengah Samudera Pasifik, terjaganya hutan asli Eropa di Polandia, paradoks kehidupan liar di Afrika, atau misteri punahnya suku Maya di Amerika Tengah. Ia juga membahas bagaimana sejarah Bumi ketika bangsa manusia belum muncul menguasai kehidupan. Sayangnya, kalimatnya cenderung panjang-panjang sehingga agak melelahkan untuk menamatkan buku tebal ini.

Namun, buku ini dapat menjadi seperti ilustrasi suatu teori yang telah dikenalkan pada 1979 oleh James Lovelock pada bukunya "Gaia: A New Look at Life on Earth." Teori Gaia Lovelock menyatakan bahwa Bumi sangat dinamis sehingga apapun proses perubahan atau kerusakan yang terjadi padanya, Bumi akan memulihkan dirinya sendiri.

Teori Gaia yang bukunya diterjemahkan ke dalam Bahasa Indonesia dengan judul "Bumi yang Hidup, Pandangan Baru Kehidupan di Bumi" (Penerbit Obor, 1988) pernah diinterpretasikan secara gegabah oleh salah

seorang ahli Geologi Indonesia, bahwa kita dapat melakukan eksploitasi habis-habisan terhadap sumber daya Bumi. Toh dengan menyimak teori itu, Bumi akan pulih dengan sendirinya. Ia mungkin lupa bahwa produk-produk geologis berjalan secara evolutif. Benar Bumi akan dapat pulih dengan sendirinya, tetapi diperlukan waktu puluhan ribu hingga ratusan juta tahun. Selama masa pemulihan itu, manusia yang hidup dalam rentang waktu yang sangat pendek, akan menjadi korban pertama.

Alan Weisman adalah mantan editor di Los Angeles Times Magazine. Ia seorang wartawan yang menulis di antaranya untuk *Harper's*, *The New York Times Magazines*, *The Atlantic Monthly*, dan *Discover*. Melalui tulisannya di *Discover* edisi Februari 2005 "Earth Without People" ia terpilih mendapatkan penghargaan *Best American Science Writing* 2006 yang kemudian ia perluas menjadi buku "The World Without Us" yang terbit pada 2007. ■

Budi Brahmantyo, FITB, ITB

profil



Kama Kusumadinata

AHLI GUNUNG API PEMBUAT PETA SPIDOL

Oleh SR. Wittiri

“

*Kemana pun Kama Kusumadinata pergi, beliau hampir tak pernah lupa membuat catatan, dan disimpannya di perpustakaan tempat ia bekerja. Selain menulis laporan teknis sesuai keahliannya, Kama Kusumadinata juga membuat laporan yang dapat disebut sebagai laporan jurnalistik. Ahli geologi gunung api ini boleh dikatakan sebagai penulis yang rinci dan pencerita yang baik. Dari sekian banyak karyanya, yang paling monumental adalah buku *Data Dasar Gunung Api Indonesia dan Peta Spidol*.*

”

Rekan sejawat beliau menyapanya dengan panggilan hormat Kang Kama atau Kang Aden. Sedangkan murid atau juniornya, menyapanya Pak Kama. Beliau adalah ahli gunung api yang sangat menonjol, paling kawakan yang telah melahirkan karya-karya mengenai gunung api yang luar biasa.

PETA SPIDOL

Tahun 1988, Kama Kusumadinata diundang menghadiri konferensi kegunungapian di Kagoshima, Jepang. Pada konferensi tersebut Kama Kusumadinata mempresentasikan *Peta Daerah Bahaya Gunung Api* yang disebutnya sebagai *Peta Spidol*, yang kemudian diterjemahkan dalam bahasa Inggris menjadi *Spidol Map*. Dalam pertemuan para

ahli gunung api di Kagoshima itu, para peserta memberikan apresiasi terhadap peta daerah bahaya itu. Dengan rendah hati Kama Kusumadinata meresponnya dengan mengatakan bahwa peta itu hanyalah karya sederhana dan tidak perlu dibesarkan.

Apakah peta spidol itu? Peta tematis bahaya gunung api yang terdiri dari dua warna, yakni warna merah dan kuning. Warna merah menggambarkan Daerah Bahaya, dan warna kuning menggambarkan Daerah Waspada. Dengan dua spidol itu jadilah peta daerah bahaya.

Peta Daerah Bahaya Gunung Api adalah peta yang menggambarkan daerah yang aman dari letusan gunung api, daerah yang kemungkinan

diterjang material letusan gunung api, sungai yang akan dilanda lahar berdasarkan tinjauan topografi dan hal lain yang mempengaruhinya.

Para kolega, murid, dan juniornya, kemudian menyosialisasikan *Peta Daerah Bahaya Gunung Api* ini kepada khalayak umum, melalui forum sosialisasi di beberapa daerah yang memiliki gunung api.

Dalam perkembangannya, *Peta Spidol* itu disempurnakan dengan tetap mengacu kepada peta sebelumnya menjadi *Peta Kawasan Rawan Bencana Letusan Gunung Api*. Peta ini tidak hanya memuat kawasan yang aman atau berbahaya dari letusan gunung api, tetapi juga memuat petunjuk arah pengungsian, tempat pengungsian, kantor pemerintah, bahkan posisi Puskesmas.

Di negara lain yang memiliki gunung api, ketika membuat *Peta Daerah Bahaya Gunung Api* sering mendapatkan tantangan dari masyarakat, karena mereka berusaha mempertahankan lahan milik pribadinya.

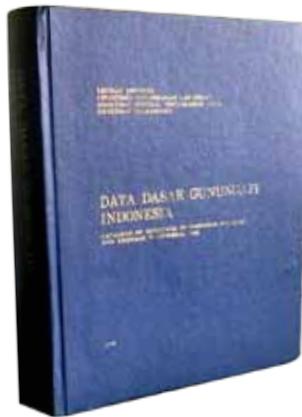
Kondisi seperti itu tidak terjadi di Indonesia, karena masyarakat sangat memahami, bahkan sudah mengalami sendiri bahwa tanpa peta daerah bahaya, maka korban jiwa dan harta benda akibat letusan gunung api akan semakin banyak. Tetapi bukan tanpa tantangan, beberapa Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) mencoba menolak adanya peta daerah bahaya karena berbagai alasan, tetapi setiap kali ada gunung api yang meletus, *Peta Spidol* itu selalu berhasil menjawab bahwa apa yang diformasikan di dalamnya selalu benar. Dengan demikian penduduk tidak pernah ragu dengan keberadaan *Peta Daerah Bahaya Gunung Api* atau *Peta Kawasan Rawan Bencana Letusan Gunung Api*.

DATA DASAR GUNUNG API INDONESIA

Adjat Sudrajat, saat itu sebagai Direktur Vulkanologi, dalam tulisannya, *Karya Besar K. Kusumadinata*, menguraikannya sebagai berikut: "Saya masih ingat ketika ia (Pak Kama, redaksi) datang kepada saya membawa 4 jilid buku seberat 10 kg, tebal seluruhnya 12 cm. Buku empat volume itu adalah kompilasi mengenai gunung api Indonesia yang disusunnya bersama kawan-kawannya. Saya terbelalak melihat hasil karya itu, pada saat semua orang nyaris tidak mampu menembus rangkaian

akhir dari kerja seorang geolog, yaitu menyusun laporan yang dapat diterbitkan. Lihat saja, sampai sekarang pun belum ada lagi karya monumental hasil kompilasi setebal karya van Bemmelen!"

Lebih lanjut Adjat Sudrajat menulis, "Tidak habis kekaguman saya melihat tumpukan buku yang diletakkan di atas meja kerja saya waktu itu. Saya sendiri tidak mempunyai kepentingan dengan buku itu, tapi Kang Kama menganggap saya adalah seorang yang perlu membaca hasil karyanya. Kekaguman saya bertambah ketika saya ketahui karya itu disusun dalam lima tahun, atau selama Pelita (Pembangunan Lima Tahun) I."



Data Dasar Gunung Api Indonesia adalah buku yang berisi kompilasi yang intensif dari berbagai sumber yang bertebaran dan tidak mudah diperoleh. Sumber itu sebagian besar berbahasa Belanda dan sudah berumur tua dan mulai lapuk. Tetapi Pak Kama berhasil menyelamatkan berbagai informasi yang sangat berharga itu.

Seperti biasa, banyak orang yang menganggap buku itu bukan hal yang luar biasa, tetapi para ahli gunung api dan pendaki gunung, bukan saja kagum tetapi membutuhkannya. Suatu waktu penulis bertemu dengan komunitas yang tergabung dalam MataBumi, kelompok pencinta alam, di Gunung Papandayan. Salah seorang dari mereka berceritera bahwa ia berhasil memiliki buku *Data Dasar Gunung Api Indonesia* setelah menunggu hampir setahun, itupun dengan menghadap langsung Pak Adjat agar diizinkan memilikinya. Pasanya buku tersebut tidak diperjual-belikan di toko buku manapun.

LAPORAN JURNALISTIK

Yang menarik, ketika membaca laporan lapangan yang ditulis Pak Kama, pembaca seperti diajak ikut serta ke lapangan. Lapornya rinci dan jelas, seperti laporan seorang jurnalis.

Pada tahun 1983, penulis ditugaskan melakukan penyelidikan di Gunung Kie Besi, Pulau Makian, Halmahera. Gunung api ini sudah istirahat selama hampir 90 tahun dan sangat sedikit informasi yang pernah ditulis tentang kegiatannya. Penelitian terakhir dilakukan oleh K. Kusumadinata pada tahun 1953 dan beliau berhasil mencapai dasar kawah yang sudah menjadi hutan lebat. Sebelum Pak Kama,

dalam tahun 1930-an seorang peneliti Belanda juga berhasil mencapai dasar kawah Kie Besi.

Secara detil Pak Kama menulis dalam laporannya mengenai Kie Besi antara lain sebagai berikut:

"Kami melakukan pendakian puncak Gunung Kie Besi diantar oleh penduduk Makian (disebutkan jumlah dan nama-namanya). Setelah mencapai puncak Powate kami menuruni lembah hingga mencapai tepi kawah sebelah barat, kami istirahat sejenak. Untuk mencapai dasar kawah, kami menelusuri pematang ke arah selatan atau sebelah kiri apabila menghadap kawah dari tempat kami istirahat. Perjalanan sudah menempuh waktu sekitar satu jam dan menemukan

Data Dasar Gunung Api Indonesia adalah buku yang berisi kompilasi yang intensif dari berbagai sumber yang bertebaran dan tidak mudah diperoleh. Sumber itu sebagian besar berbahasa Belanda dan sudah berumur tua dan mulai lapuk. Tetapi Pak Kama berhasil menyelamatkan berbagai informasi yang sangat berharga itu.

pohon besar yang di bawahnya ada sebuah batu besar seukuran dua pelukan orang dewasa berwarna merah yang mulai berlumut. Dari lokasi ini kami mulai berbelok ke arah kanan dan mulai menuruni lereng menuju dasar kawah. Setelah menempuh perjalanan hampir dua jam, kami berhasil mencapai dasar kawah."

Tiga puluh tahun kemudian, dengan berbekal laporan Pak Kama, penulis berhasil mencapai dasar kawah Kie Besi membawa tim yang ketiga yang pernah menginjakkan kaki di lantai kawah Kie Besi yang kini sudah terisi sumbat lava.

Penjelajahannya bukan hanya ke gunung api aktif, melainkan juga ke berbagai daerah yang mempunyai keunikan secara geologi, seperti yang dilakukannya di Cekungan Bandung.

Hasil penjelajahannya di Cekungan Bandung, seperti yang termuat dalam catatan penjelajahan yang dilaporkan tahun 1959. Ada hal yang sangat luar biasa dari ahli geologi ini, karena K. Kusumadinata-lah yang pertama kali menuliskan bahwa pembobolan Danau Bandung Purba itu di Cukangrahong. K. Kusumadinata menulis: "*Mula-mula beberapa kali kecil diseberangi, sebelum sampai di tempat, di mana Ci Tarum menembus pegunungan. Air deras dari*

sungai gunung di sini harus melalui tembusan sempit selebar 8 atau 10 meter. Di sini pernah terdapat bendungan, waktu Bandung masih merupakan sebuah telaga.

Di sini terdapat sebuah jembatan yang disebut Cukang Rahong, terbuat dari bambu sepanjang 11 meter, terletak 15 meter di atas permukaan air sungai, di dalam sela gunung yang dalamnya \pm 40 meter.

Ke selatan orang dapat mudah turun ke sungai, di sini banyak terdapat konglomerat dan fosil-fosil. Melalui Puncak Larang kita dapat kembali ke dataran Rajamandala.

Cukang Rahong dapat juga dicapai dari Rajamandala menyeberang Ci Tarum. Jalan ini sempit melalui Ci Minyak dan Ci Lanang (banyak terdapat fosil) sampai Ci Jambu. Dari sini masih 90 menit jalan kaki sampai Cukang Rahong."

Bukan hanya rinci dalam mencatat perjalanannya, K. Kusumadinata pun adalah periset yang handal. Untuk menulis tentang *Data Dasar Gunung Papandayan*, misalnya, ia menerjemahkan karya-karya lama tentang gunung itu dari berbagai sumber penting, sehingga pembacanya mengetahui perkembangan pemikiran para ahli dari berbagai generasi. Hasil terjemahan dan laporan penelitiannya ke Gunung Papandayan itu terhimpun dalam naskah setebal lebih dari 180 halaman, termasuk peta dan sketsa.

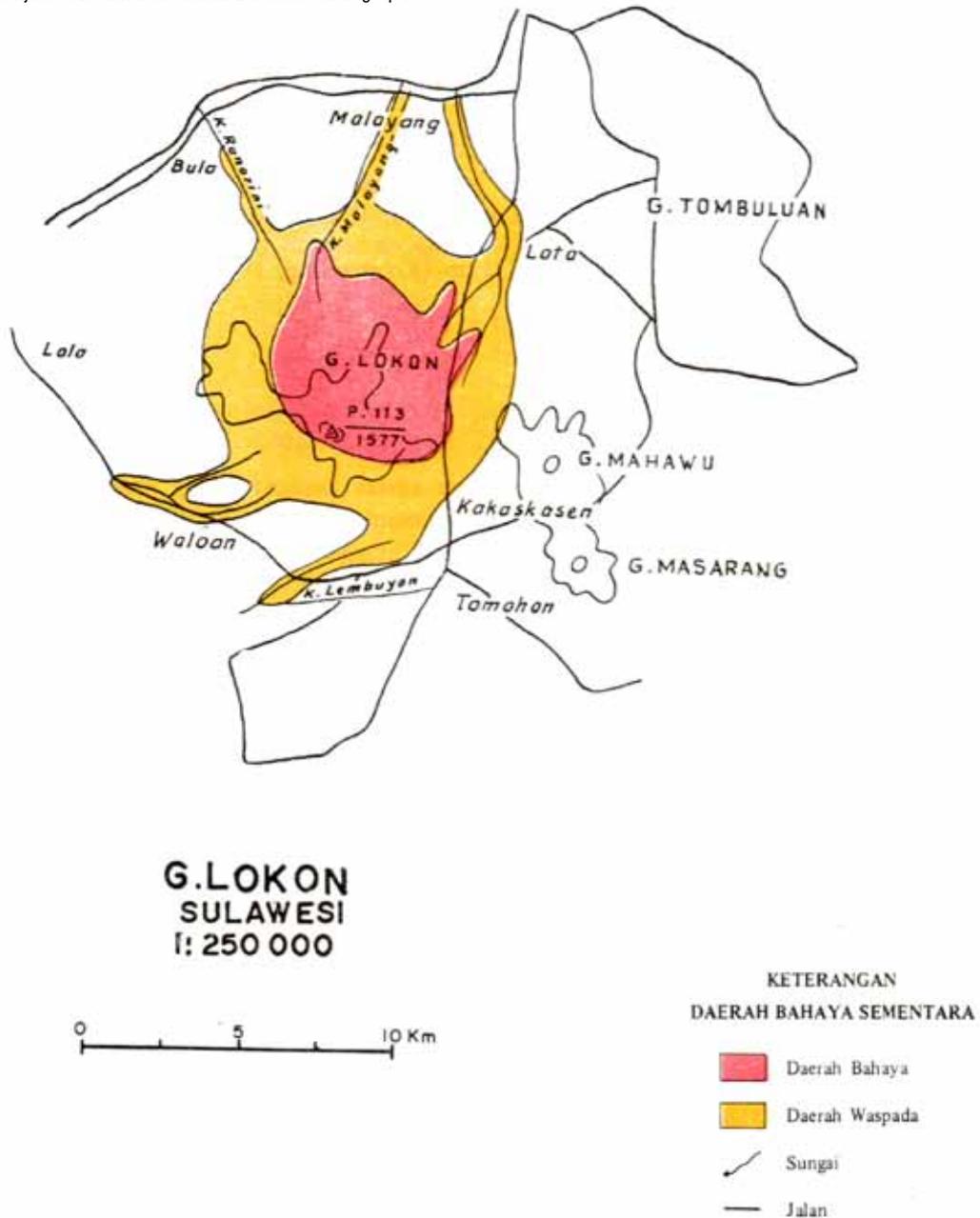
Banyak sekali karya terjemahan, terutama dari bahasa Belanda tentang gunung api di Indonesia yang ia kerjakan. Sangat baik bila ada usaha-usaha untuk menerbitkan karya-karya terjemahannya, karena dapat memberikan pemahaman yang menyeluruh tentang gunung api.

Kama Kusumadinata adalah sosok pekerja keras yang tekun, yang telah mewariskan Buku *Data Dasar Gunung Api Indonesia*, yang menjadi panduan, bukan saja bagi para ahli gunung api dan ahli geologi, namun juga bagi para pencinta alam dan pendaki gunung.*

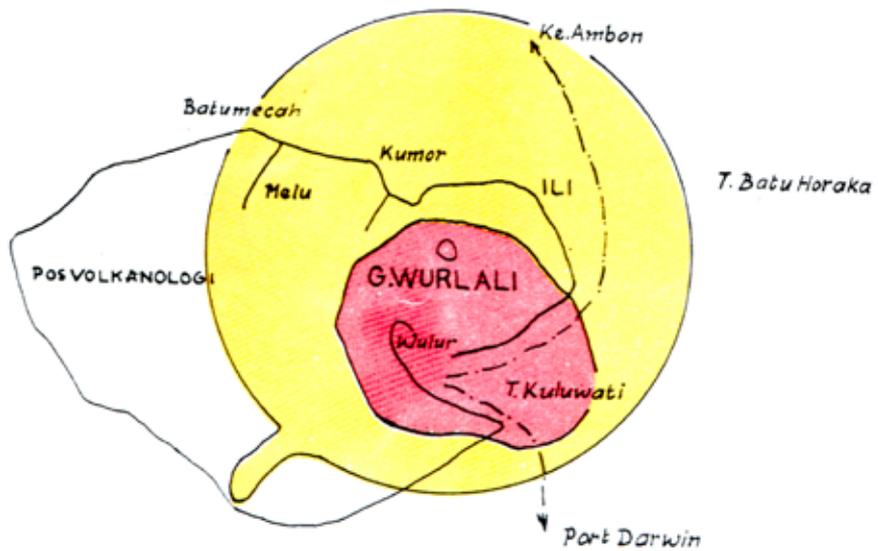
Sumber tulisan: Dr. Ir. Adjat Sudradjat, M.Sc yang berjudul *Peta Spidol dan Karya Besar K. Kusumadinata* dalam *Ilustrasi Geologi*, 1997 dan sumber lainnya.

PETA DAERAH BAHAYA SEMENTARA

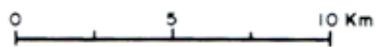
Contoh Peta Daerah Bahaya Sementara ini merupakan pengembangan gagasan "Peta Spidol" Karna Kusumadinata. Kemudian peta-peta Daerah Bahaya Sementara itu disempurnakan lagi menjadi Peta Kawasan Rawan Bencana Gunung Api.



Sumber: K. Kusumadinata, Ed., *Data Dasar Gunung Api Indonesia*, Volcanological Survey of Indonesia, 820 p.



**G. WURLALI
DAMAR
1: 250 000**



**KETERANGAN
DAERAH BAHAYA SEMENTARA**

- Daerah Bahaya
- Daerah Waspada
- Sungai
- Jalan



Geotrek

Longsor Gunung Api, Ciri khas Gunung Papandayan

Suara gemuruh yang mendesis itu seperti suara pesawat jet yang melintas rendah. Asap mengepul dari rekahan-kerakan yang mengeluarkan belerang, kemudian lelehan kuning itu memadat. Aroma belerang yang menyakkan, mengambang di udara di sekitar bualan-bualan lumpur panas dan di sekitar lubang hembusan gas di Kawah Emas dan Kawah Manuk di Gunung Papandayan.

Gunung ini dikenal di kalangan penggiat di alam bebas. Umumnya mereka berkemah di Pondoksaladah, yang semula berupa danau Kawah Papandayan purba, yang terkenal dengan sebutan Tegal Brungbrung. "Edelweiss" tumbuh subur di sini, dan menjadi daya tarik yang luar biasa.

Bebatuan di lereng terjal dinding kawah yang berbentuk tapalkuda itu, warnanya abu muda keputihan. Di beberapa tempat, batu seukuran ember itu terlihat bertumpuk di ujung guguran. Longsor

gunung api atau guguran puing sering terjadi di sini karena bebatuan yang membentuk tubuh Gunung Papandayan itu sangat rapuh. Air yang berlimpah di kawasan ini meresap ke dalam tubuh gunung yang terus-menerus mendapatkan pemanasan dari dalam. Tubuh gunung ini ibaratnya dikukus sepanjang waktu di atas tungku raksasa gunung api.

Keadaan ini menjadi sangat peka terhadap getaran gempa bumi, seperti yang terjadi pada November 2002. Ketika terjadi gempa vulkanik dangkal pada tanggal 10 November, yang disusul gempa vulkanik dangkal dan gempa vulkanik dalam keesokan harinya. Letusan tanggal 11 November 2002 telah memicu longsor di bagian luar dinding kawah Nangklak yang membendung aliran Ci Beureumgede di hulunya. Curah hujan yang lebat hari itu telah menambah beban yang sangat besar, sehingga bendungan alami itu bobol petangharinya, yang menggerus ladang, jembatan, permukiman, dan



Foto: T. Bachtiar

materialnya menimbun jalan yang menghubungkan Garut – Cikajang sepanjang 2 km. Letusan Gunung Papandayan mencapai puncaknya pada tanggal 20 November.

Ahli gunung api dari berbagai negara pernah berkunjung ke Gunung Papandayan, di antaranya Haroun Tazieff (1961), yang banyak menerbitkan laporannya di Eropa. Oleh karena itu jangan heran bila Gunung Papandayan jauh lebih populer di Eropa ketimbang Gunung Patuha, misalnya.

Pada tahun 1908 Dinas Topografi mencatat ada saung bekas Raja Siam yang atapnya sudah hancur di sekitar kawah.

Pemerintah kolonial memerlukan belereng untuk berbagai keperluan, baik pertahanan maupun industri. Karena belereng inilah, pada Januari 1706 atas perintah Residen Priangan, dua orang tentara, Cretain van Houten mengunjungi Gunung Papandayan dan Gunung Patuha untuk melihat

kandungan belerang. Pemerintah Kolonial saat itu mewajibkan Bupati Bandung untuk menyediakan 400 pikul belerang murni dan halus yang diterimanya di Tanjungpura, Karawang. Cretain van Houten masih dapat melihat Gunung Papandayan dalam ketinggian penuh, karena pendakiannya itu 66 tahun sebelum letusan Gunung Papandayan 1772 yang mengamburkan dinding timur lautnya.

Jauh sebelum itu, peziarah yang mendaki Gunung Papandayan dan mencatatnya dalam daun lontar adalah Bujangga Manik, tohaan, putra mahkota Kerajaan Sunda. Catatan geografisnya itu tersimpan di Perpustakaan Bodleian, Oxford sejak 1627. Rahib kelana itu menulis:

"....

Mendaki Gunung Papandayan

Yang biasa disebut panenjoan

Dari situ kuamati gunung-gunung,

Disebut satu per satu di antara semuanya

*Yang terlihat kecil dan jauh
Sesuai daya pandang Nusia Larang.*

*Aku menghitung satu demi satu,
Mulai dari selatan wilayah Denuh,
Dari timur karangpapak,
Dari barat tanah Balawong.*

*Itulah yang disebut Gunung Agung,
Sebagai tiang tapal batas Pagerwesi.
Itul adalah Gunung Patuha,
Sebagai tiang tapal batas Majapura.
...."*

(Catatan Bujangga Manik, dalam J. Noorduyn dan A. Teeuw, 2009).

Saat berada di puncak Gunung Papandayan, Bujangga Manik dapat memandang ke berbagai arah, sehingga gunung ini disebut sebagai *panenjoan*. Hal yang sama dialami oleh Ch. E. Stehn saat berada di sana, seperti yang dituliskannya tahun 1930. Ahli gunung api ini begitu terkesan saat melintas di

Tegal Bungbrung. Stehn menulis: "... Terdapat pemandangan yang sangat baik ke seluruh kompleks kawah dengan dilatari Dataran Garut yang dikelilingi Gunung Cikuray dan Karacak di sebelah kanan, Komplek Gunung Galunggung – Talagabodas sebagai latar belakang dan masif Guntur di kiri, Gunung Cereme di Cirebon menjulang jauh di belakang ujung utara, Kompleks Galunggung – Talagabodas, dan nun jauh sekali lewat lereng Gunung Cikuray masih sekilas tampak Gunung Slamet...."

Saat ini Gunung Papandayan tingginya 2665 m. dpl., yang sejak tahun 1772, bentuknya menjadi sumbing, dinding bagian timur lautnya terbuka, melengkung seperti tapalkuda. Tebing tegak itu tingginya antara 50 - 100 meter.

Satu tahun setelah letusan 11-12 Agustus 1772, J.M. Mohr berkunjung ke sana dan menuliskan catatannya:

"Penduduk di kaki gunung dikejutkan dengan munculnya awan yang sangat terang yang menutupi gunung. Mereka melihat kembang api beterbangan di udara, dan dentuman seperti suara meriam.



Peserta Jelajah Geotrek ke Gunung Papandayan.

Foto: T. Bachtiar



Longsor pada November 2002

Foto: T. Bachtiar

Pukul 02.00 - 03.00 semburat api raksasa memayungi gunung yang berlangsung sangat singkat, hanya lima menit, yang disusul oleh tebing gunung yang terban, lalu terjadi guguran puing, longsor gunung api yang melanda kawasan seluas 250 km².

Empat puluh perkapungan hancur mumur, dan 2 orang kulit putih dan 2957 penduduk di kaki gunung itu seketika kembali ke pangkuan-Nya. (*"Semoga Tuhan memuliakannya"*).

Dari kawasan yang tertimbun sedalam hampir satu meter, ada dua orang yang dapat diselamatkan, dan 40 orang selamat, mereka berlindung di tengah kebun pisang."

F. Junghuhn berkunjung ke Gunung Papandayan 1850, dan menulis peristiwa letusan gunung ini yang berdasar pada penuturan penduduk:

"Di malam hari tanggal 11-12 Agustus 1772, terjadi letusan yang disertai gemuruh dan ledakan-ledakan setelah lewat tengah malam. Tiba-tiba terlihat sinar api yang menerangi kegelapan, menggugurkan puncak gunung, melontarkannya dan menghamburkan bongkah-bongkah di sekelilingnya. 40 kampung dalam sekejap mata tertimbun dan 2957 dan binatang peliharaannya seketika menemui ajalnya di bawah timbunan guguran puing.

Penduduk dari kampung-kampung yang terletak lebih jauh dapat terhindar dari hujan batu dan abu dengan berlari tergesa-gesa.

Keesokan harinya penduduk tercengang melihat sebagian besar gunung yang semula berbentuk kerucut, kini telah hilang, hancur, dan di sana kini tampak celah kawah yang dalam dan merekah, menghembuskan uap."

Letusan Gunung Papandayan 1772 ada yang menyamakan dengan letusan dahsyat Gunung Galunggung pada masa prasejarah. Tekanan dari dapur gunung api ini terus menekan ke luar, dan mendapat pelepasannya di samping tubuh

gunungnya, yaitu di sisi timur laut. Sisi itulah yang paling lemah, karena di sana terdapat patahan-patahan lokal yang memajang sejajar, yang kini menjadi tebing sisi kiri dan kanan lengkungan tapalkuda itu. Uap panas dari dapur gunung ini telah melapukkan secara intensif dindingnya, sehingga begitu ada gerakan magma dalam tubuh gunung ini, akan serta-merta menggoyang lereng yang lapuk itu, sehingga terjadilah apa yang disebut longsor gunung api atau guguran puing.

Sesungguhnya Gunung Papandayan meletus dengan ciri khasnya, yaitu guguran puing atau longSORan gunung api, namun tidak ada yang menyebutnya sebagai Tipe Letusan Papandayan. Ketika terjadi letusan Gunung Bandai di Jepang 1888, yang menunjukkan letusan yang disebabkan oleh tekanan hidrotermal, seperti yang terjadi di Papandayan seabad sebelumnya, disebutlah Tipe Letusan Bandai.

Ciri letusannya adalah tidak ada tanda yang berarti sebelum letusan, letusan dipicu oleh gempa berkekuatan sekurangnya 5 pada skala Richter, guguran puing didahului oleh ledakan awal yang hanya berlangsung beberapa menit, tebing yang terban menjadi lahar yang meluncur hingga jarak sedikitnya 6 km, dan materi yang dilontarkan adalah pecahan dari batuan tua.

Memang masih terjadi polemik tentang kehancuran dinding timur laut Gunung Papandayan ini. Ada yang berpendapat, bahwa kematian 2957 orang itu karena sapuan awan panas yang suhunya mencapai lebih dari 500°C. Namun ada yang meragukan pendapat itu, karena selama ini Gunung Papandayan tidak memiliki sumbat lava, sehingga peristiwa guguran membara atau awanpanas itu tidak mungkin terjadi.

F. de Han (1912) dalam catatannya begitu gemasnya, bagaimana lambatnya birokrat saat itu melaporkan kejadian letusan Gunung Papandayan



Momon, pengamat Gunung Papandayan menunjukkan lokasi kawah-kawah di gunung itu.

Foto: T. Bachtiar



Peserta jelajah geotek ke Gunung Papandayan mendapatkan penjelasan dari SR. Wittiri

Foto: T. Bachtiar



Batik Merakngibing, khas batik garutan. Salah satu daya tarik wisata Garut.

Foto: T. Bachtiar

yang merenggut nyawa hampir 3000 orang. Satu bulan kemudian, 16 September 1772, peristiwa maut itu baru sampai di pemerintah, dan dimuat dalam *dagregister*. Oktober baru ada laporan rinci, 19 November baru mengirim surat ke Residen di Cirebon, dan Desember 1772 dikirim surat ke Negeri Belanda.

Seiring dengan pertumbuhan penduduk yang sangat pesat, alih fungsi hutan menjadi lahan pertanian musiman, dan semakin padatnya penduduk yang bermukim di lereng gunung yang berbahaya, maka perlu semakin dimasyarakatkannya usaha kesiapsiagaan untuk mengurangi risiko bahaya gunung api. Bagaimana upaya menyelamatkan diri, menyelamatkan harta benda yang berbasis masyarakat. Tentu, upaya itu harus dilaksanakan jauh-jauh hari sebelum terjadi letusan, dilaksanakan

terus-menerus dan untuk semua kalangan, sehingga masyarakat mempunyai pengetahuan dan tindakan yang betul ketika letusan benar-benar terjadi.

Gunung Papandayan terletak di kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat. Perjalanan menuju gunung ini dapat ditempuh melalui kota Garut yang terkenal dengan domba, dodol, batik, prodak kulit, jajalanan serta kulinernya. Perjalanan dilanjutkan ke arah Cikajang, dan bila sudah sampai di Cisarupan, berbelok menuju Gunung Papandayan. Kondisi jalan antara Garut – Cisarupan sudah beraspal mulus. Sedangkan antara Cisarupan – tempat parkir Gunung Papandayan, jalannya rusak parah. ■

T Bachtiar,
Anggota Masyarakat Geografi Indonesia dan Kelompok Riset Cekungan Bandung.

Esei Foto

Ci Tarum

Urat nadi Jabar yang tercemar

Seharusnya Ci Tarum seperti ini. Bebas sampah, bersih, dan tidak tercemar. Airnya berwarna coklat hanya karena erosi alamiah pada saat musim hujan. Lerengnya berhutan menghijau. Hanya batu, pasir dan lumpur yang terendapkan. Inilah mimpi Ci Tarum, seperti di Leuwi Malang, aliran Ci Tarum pada segmen antara Bendungan Saguling - Sangiangtikoro. (Foto : BB)



Foto: T. Bachtiar

Namun, inilah kondisi Ci Tarum yang kita lihat sehari-hari. Bersampah, hitam, bau, dan berbusa deterjen. Segala jenis sampah yang dibuang masyarakat Cekungan Bandung berkumpul semua di sini: limbah rumah tangga (termasuk limbah septic-tank), limbah pabrik, plastik, styrofoam, sendal jepit, boneka, dan lain-lain, bahkan sisa-sisa bangunan dari bahan besi yang ikut terbawa banjir. Semuanya tersangkut sementara pada batu-batu keras intrusi dasit, sisa-sisa gunung api purba berumur Pliosen di Curug Jompong, selatan Cimahi.

Salah satu sodetan Ci Tarum di dekat Kampung Mahmud, Kopo. Latar belakang adalah jajaran sisa-sisa gunung api Pliosen, dengan salah satu kerucutnya Gunung Lalakon. ►



Foto: Budi Brahmantyo

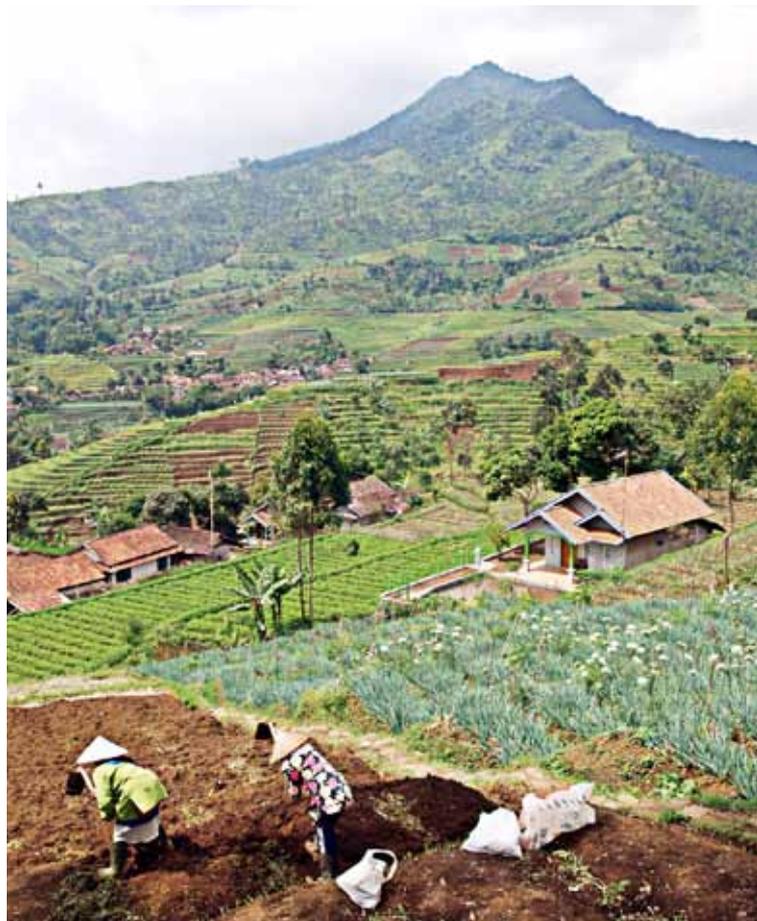


Foto: Budi Brahmantyo

Sejak dari hulunya di Cisanti yang berada di lereng barat laut Gunung Wayang, Ci Tarum sebenarnya telah terganggu. Lereng-lereng hulunya yang seharusnya tetap menghutan, seperti lingkungan di sekitar Situ Cisanti, mulai beralih fungsi. Lahan-lahan palawija yang rentan erosi merambah hingga lereng-lereng yang begitu terjal. Ketika Ci Tarum mengalir ke arah utara menoreh dengan lembah yang curam, alirannya tidak ayal membawa lumpur pekat. Saat alirannya melambat di dataran Cekungan Bandung mulai dari Jolok, Majalaya, lumpur mengendap, saluran mendangkal, dan ... banjir tak pelak menjadi penyakit kronis.



Foto: Budi Brahmantyo

Di alirannya yang bermeander antara Majalaya, Dayeuhkolot, Margahayu hingga Nanjung, Ci Tarum menagih haknya saat musim penghujan, yaitu melimpahkan sebagian kelebihan airnya ke dataran banjir (*flood plain*). Sayangnya hak Ci Tarum diserobot untuk permukiman. Lalu, saling tuding salah urus sehingga banjir Ci Tarum menjadi agenda tahunan di setiap musim hujan.

Penyodetan lengkungan-lengkungan meander telah dilakukan selama 1980-an. Tujuannya agar aliran Ci Tarum lancar dan banjir akan terbebaskan. Namun...banjir masih terjadi juga. Pendangkalan saluran terus berlangsung. Sampai kemudian, seolah-olah frustrasi menghadapi masalah, Curug Jompong dilirik untuk dipangkas!



Curug Jompong

Foto: Budi Brahmantyo

Jika jadi dilaksanakan, korban pertama pemangkasan Curug Jomong adalah Waduk Saguling. Ketika level dasar Jaliran sungai diturunkan, erosi vertikal akan semakin besar. Pelumpuran akan lebih intensif. Pendangkalan sungai semakin cepat. Banjir akan tetap terjadi. Seluruh lumpurnya kemudian terendapkan di Waduk Saguling dan akan memperpendek umur waduk PLTA yang menjadi salah satu suplai listrik utama Jawa - Bali.



Foto: Budi Brahmantyo

▲
Lembah asal Ci Tarum hilir Bendungan Saguling. Sebelum dibendung, tinggi air sungai mencapai tanda plastik putih pada tongkat bambu.



Foto: T. Bachtiar

▲
Menjelajah Ci Tarum setelah bendungan adalah menyusuri sisa-sisa dasar sungai besar, di antaranya dengan bentukan *pothole* yang terjadi akibat erosi berputar pada batuan dasar sungai.



Foto: Budi Brahmantyo

▲
Bangunan Pelimpah Bendungan Saguling, dengan latar belakang genangan waduknya yang rata-rata permukaan airnya berada pada elevasi +632 m dpl.



Foto: Budi Brahmantyo



Leuwi Sangiangheuleut (atas) sebuah lubuk Ci Tarum yang terbentuk di antara lapisan-lapisan keras batupasir Formasi Citarum. Ke arah hilirnya (kiri), lapisan batupasir membentuk lapisan hampir tegak di Leuwi Gobang.



Foto: T. Bachtiar

Ci Tarum merana. Kering kerontang di musim kemarau, seperti terlihat di Bantarcaringin, namun meluap banjir di musim penghujan. Ketika debitnya sangat besar, luapan Ci Tarum menghancurkan jembatan di lokasi yang sama, namun di sisi lain membawa berkah untuk pecinta olah raga arung jeram. Sungguh suatu kondisi paradoksial yang nyata.



Dokumentasi: Cita-Citarum, Foto: Ng Swan Ti



Dokumentasi: Cita-Citarum
Foto: Agung Widjanarko

.... sementara banjir yang membawa lumpur tebal, terus berlangsung.



Dokumentasi: Cita-Citarum
Foto: Veronica Wijaya



Foto: Budi Brahmantyo



Foto: T. Bachtiar

Sekalipun banjir kerap menyergap, kehidupan di Ci Tarum terus berlangsung. Ketika jembatan di Bantarcaringin roboh diterjang banjir, angkutan dengan kawat sling menjadi gantinya. Di lembah Ci Tarum yang bersih di Saguling, panen buah dan daun pisang membawa kesejahteraan bagi penduduk sekitarnya. Bahkan di Curug Jompong yang berair butek, ikan sapu-sapu masih bertahan hidup... dan masih berani disantap oleh para pemulung sampah. Kehidupan terus berlanjut!



Foto: Budi Brahmantyo



Foto: Oki Oktariadi

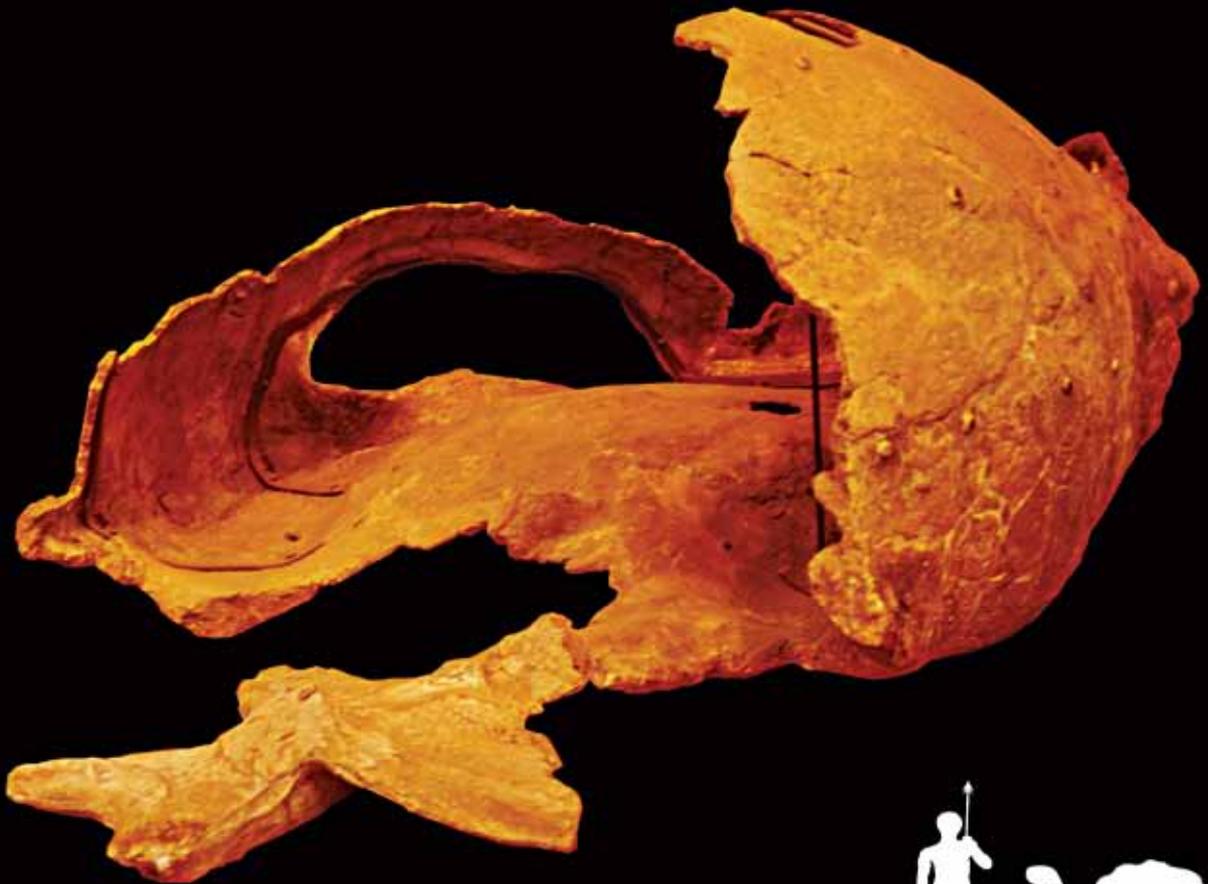


Luapan Ci Tarum di dataran rendah Karawang



Foto: Cita-Citarum

Dan, Ci Tarum terus mengalir. Ke hilir. Melalui tiga bendungan besar. Melalui bentang alam pegunungan di Tatar Priangan hingga akhirnya mengalir di dataran kaki pegunungan di Purwakarta, untuk kemudian mengalir pelan di dataran aluvial Karawang, sebelum bermuara di Laut Jawa di Muara Gembong, Ujung Karawang. Sepanjang alirannya, Ci Tarum telah menghanyutkan berbagai permasalahan. Lalu di hulu, permasalahan baru akan tercurah kembali. Daur hidrologis berjalan terus entah sampai kapan...



Fosil *Geochelone atlas*, koleksi Museum Geologi Bandung.
Foto dan teks: T. Bachtiar

KURA-KURA RAKSASA

Geochelone atlas, kura-kura darat terbesar yang pernah ditemukan. *Geochelone* mungkin hanya memakan tanaman. Spesies ini hidup sekitar dua juta tahun yang lalu, dan pernah menjelajah lautan Nusantara. Panjang cangkangnya sekitar 2,1 meter, panjang total antara 2,5 - 2,7 meter. Tingginya diperkirakan 1,4 - 1,8 meter, dengan beratnya antara 3000 - 4000 kilogram.



“Jika kamu sungguh-sungguh mencari air, sesungguhnya air mencarimu.”

Jalaluddin Rumi (30 September 1207 - 17 Desember 1273)

ISSN 2088-7906



9 772088 790005