

ANALISIS DISTRIBUSI KERUSAKAN AKIBAT GEMPABUMI 27 MEI 2006 MELALUI PENDEKATAN KEGUNUNGAPIAN DI DAERAH WONOLELO DAN SEKITARNYA, KABUPATEN BANTUL, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

S. Mulyaningsih¹, Y.T. Husadani², L.R.Devi³, S.N. Irawan⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, IST AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 14 September 2008, revisi: 16 Nopember 2008 , diterima: 15 Januari 2009

ABSTRACT

Northern Wonolelo area till Berbah was the areas with the most damaged generated by an earthquake of 27 May 2006. On the other hand, volcanic rocks within circular features characterize the areas. Palaeovolcanism had intensively deformed their lithology, generated normal faults and shear joints, in radial pattern with the axis of the vent. The earthquake force reactivated the existing faults and shears. Area with past central eruptions easier to deformed than the others. Volcanic-stratigraphy analyses found three periods of explosively volcanisms intersecting with composite volcanisms, created three escarpments separating each others. There fore, there were three zones of the most damaged areas according to the distributions of central eruptions; i.e Wonolelo and it vicinities, Sudimoro (Segoroyoso) and its vicinities, and Watuadeg-Senthong and its vicinities. Further subsurface research is necessary to verify the central of old volcano that caused the damages

Keyword: Rocks, Volcano, Central Vent, Activity, Destruction, Construction, Escarpments.

INTISARI

Daerah Wonolelo ke utara hingga Berbah merupakan daerah dengan tingkat kerusakan terparah akibat gempabumi tanggal 27 Mei 2006. Di lain sisi, batuan gunung api dengan geomorfologi melingkar mencirikan daerah ini. Adanya aktivitas gunung api purba menyebabkan litologi penyusunnya terdeformasi intensif menghasilkan sesar-sesar turun dan kekar-kekar gerus, dengan pola radial berpusat pada kawah gunung api. Gaya gempa yang kemudian terjadi mengaktifkan kembali sesar dan kekar yang telah ada. Daerah dengan bekas kawah dan kaldera gunung api lebih mudah terdeformasi, karena distribusi deformasinya lebih banyak, dibandingkan daerah yang bukan bekas gunung api. Analisis stratigrafi menjumpai di wilayah ini setidaknya telah berlangsung tiga periode eksplosif gunung api yang berselingan dengan tiga periode pembangunan kerucut gunung api, menghasilkan tiga gawir yang membatasinya. Jadi, ada tiga zona daerah dengan tingkat kerusakan tertinggi, yaitu Wonolelo dan sekitarnya, Sudimoro (Segoroyoso) dan sekitarnya dan Watuadeg-Senthong dan sekitarnya. Penelitian bawah permukaan lebih lanjut dibutuhkan untuk membuktikan bahwa daerah dengan tingkat kerusakan terparah adalah pusat gunung api purba.

Kata Kunci : Batuan, Gunung Api, Kawah Pusat, Kegiatan, Destruksi, Konstruksi, Gawir

PENDAHULUAN

Daerah Wonolelo dan sekitarnya, di Kecamatan Pleret, Kabupaten Bantul pada awalnya dikenal sebagai daerah dengan tingkat kerusakan tertinggi pada saat gempabumi 27 Mei 2006. Berangkat dari data tersebut, penelitian ini dilakukan dengan harapan dapat mengetahui penyebab kerusakan. Analisis citra landsat

dilakukan untuk memahami geomorfologi dan evolusi tektoniknya. Hipotesisnya adalah jika tingkat kerusakan oleh gempa tersebut hanya berhubungan dengan kegiatan tektonik masa kini, seharusnya daerah dengan kerusakan terparah berada di sepanjang Sungai Opak-Progo.

Distribusi rona pada citra landsat menjumpai bentukan melingkar di dae-

¹ Email: sri_mulyaningsih@yahoo.com
HP: 08156059093

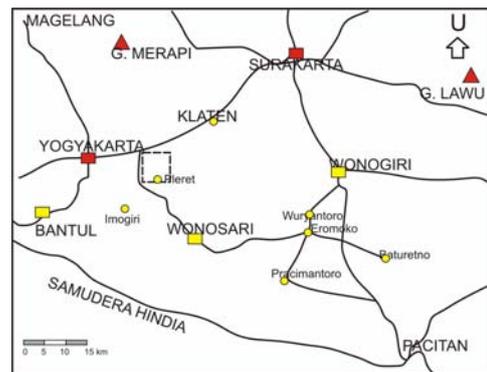
rah Wonolelo, yang selanjutnya diinterpretasi sebagai bekas gunung api. Penelitian di lapangan menjumpai batuan penyusun daerah ini adalah breksi dan lava andesit-basaltik, breksi pumis dan tuf abu-abu gelap, tuf coklat, dan breksi pumis dan tuf putih (sangat terang). Kesemua batuan tersebut adalah batuan asal gunung api. Diduga, intensitas kerusakan gempabumi tanggal 27 Mei 2006 lebih dikontrol oleh paleo-vulkanisme dibanding tektonisme. Aktivitas vulkanisme menyebabkan inflasi dan deflasi, yang menghasilkan sesar-sesar turun dan kekar gerus di sekitar kawah, dengan pola struktur yang dihasilkan adalah radial. Sesar-sesar tersebut lebih mudah terreaktivasi bila terkena gaya dibandingkan dengan daerah tanpa deformasi. Tektonik memang telah berkembang di daerah ini, yaitu pengangkatan pada Plio-Plistosen dan pasca pengangkatan tersebut. Akibatnya, di samping batuan terdeformasi lanjut, juga terbentuk geomorfologi tinggian di bagian selatan dan rendahan di bagian utara.

Makalah ini disusun dari hasil penelitian, yang dilakukan di daerah Wonolelo hingga Watuadeg (Gambar 1). Pemahaman kegunungapian digunakan sebagai dasar dalam melakukan analisis deduksi-induksi, baik dari data pengamatan dan pengukuran di lapangan serta interpretasi data sekunder.

Pada umumnya, adanya batuan beku luar atau aliran lava oleh para ahli geologi sedimenter dipandang sebagai sisipan di antara batuan sedimen atau batuan gunung api. Sumber asal, proses aliran dan petrogenesa lava tersebut kurang mendapatkan perhatian (Bronto dkk., 2004). Berdasarkan pengamatan gunung api masa kini, aliran lava yang berkomposisi menengah (andesit-dasit) sampai asam (riolit), yang relatif kental, umumnya mengalir dan langsung membeku tidak jauh dari sumbernya. Jadi, tanpa dislokasi dalam jarak yang sangat jauh, baik akibat sesar atau longsoran besar; keterdapatannya tersebut adalah pencerminan dari kegiatan gunung api yang terjadi secara lokal.

Vulkanisme yang terjadi pada Zaman Tersier, dengan tingkat erosi dan pelapukan yang lanjut, bentuk tubuh

gunung-apinya tentu sudah tidak jelas. Keberadaan gunung api tersebut dicirikan oleh adanya singkapan batuan. Menurut Bronto (2008), batuan gunung api seperti lava andesit, dasit dan riolit dapat diinterpretasi sebagai gunung api purba atau fosil gunung api.



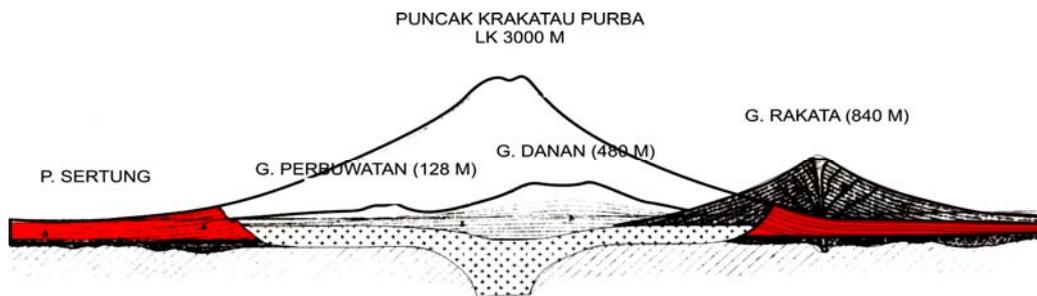
Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian (sekala 1:500.000). Lokasi daerah penelitian dalam kotak putus-putus.

Dalam pemahaman kegunungapian, tahap awal vulkanisme yang muncul di dasar laut ditandai dengan aliran lava basalt, yang dapat berstruktur bantal, dan kadang-kadang terdapat sisipan tuf gelas (Bronto, 2006). Selanjutnya, berupa pembangunan kerucut komposit gunung api (tahap konstruksi). Pada tahap ini litologinya tersusun atas perlapisan breksi dan lava andesit.

Ketika gunung api tersebut telah mencapai pertumbuhan maksimal, aktivitasnya akan berhenti dalam waktu yang cukup lama (beberapa ratus tahun), sehingga sering diinterpretasi telah mati. Namun, justru pada periode ini, gunung api tersebut mengumpulkan energi letusan yang lebih besar. Pada tahap berikutnya terjadi erupsi yang bersifat merusak (destruksi), yang membentuk kaldera besar dengan menghancurkan kerucut kompositnya. Kegiatan ini secara khas menghasilkan bahan piroklastika dalam berbagai ukuran dan komponen, dapat berasal dari batuan dinding, batuan hasil pembekuan magma dan batuan aksidental yang ikut terlontarkan saat erupsi. Batuan hasil erupsi tipe ini kaya pumis, berkomposisi andesit silika tinggi, dasit ataupun riolit (Williams dan McBirney, 1979). Siklus tahap pema-

ngunan dan penghancuran komposit gunung api dapat terjadi secara berulang-ulang. Sebagai contoh adalah letusan eksplosif Gunung Krakatau di Selat Sunda (Gambar 2; van Bemmelen, 1949; Bronto, 1983; dan Sutawidjaja, 2006), Kaldera Tengger di Jawa Timur (Bemmelen, 1949;

Neumann van Padang, 1951; Kusumadinata, 1979), dan Kaldera Batur di Bali (Sutawidjaja, 1990; Sutawidjaja dkk., 1992; Wheller dan Varne, 1986).



Gambar 2. Rekonstruksi aktivitas G. Krakatau; diawali dengan pembangunan kerucut gunung api pada Krakatau Purba, penghancuran Krakatau Purba (LK 9000 tahun lalu), pembangunan G. Rakata (Pre-Kaldera 1883) dan penghancuran kerucut II G. Krakatau pada 1883 dan pembangunan kerucut III membentuk G. Anak Krakatau (Sutawidjaja, 2006)

Penelitian Sebelumnya, pernah dilakukan, antara lain oleh Bothe (1929); van Bemmelen (1949); Rahardjo dkk. (1977; 1995), Surono dkk. (1992) dan Bronto dkk. (2007).

Van Bemmelen (1949) membagi fisiografi Pegunungan Selatan Lajur Jawa Timur bagian barat dalam lima kelompok tinggian, yaitu tinggian Parangtritis-Patuk, Prambanan-Baturagung, Gajahmungkur-Panggung, Gunung Sewu dan dataran Wonosari. Tinggian Parangtritis-Patuk terletak di paling barat lajur, membentuk gugusan pegunungan berarah baratdaya-timurlaut. Daerah penelitian terletak dalam lajur ini. Puncak tertinggi lajur ini adalah Gunung Sudimoro (+507m) di wilayah Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul. Di sebelah utaranya adalah tinggian Baturagung-Prambanan, yang membentang dari Perbukitan Prambanan (Boko) di sebelah barat hingga ke timur di G. Baturagung-Semilir. Sebagian daerah penelitian di bagian utara, berada pada lajur ini. Pegunungan Baturagung di bagian tengah puncak tertinggi berada di G. Baturagung (+831m), yang di sebelah utaranya adalah Perbukitan Jiwo dan Dataran Fluvium G. Merapi, di wilayah Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten. Kelompok lajur ke dua dan ke tiga, yaitu

lajur Gajahmungkur-Panggung terletak di bagian timur sisi utara, sedangkan tinggian Gunung Sewu-Wonosari terletak di bagian selatan, membentang dari Tepus (Wonosari) hingga Pracimantoro.

Sebagian besar peneliti terdahulu menyebutkan bahwa urutan batuan di Pegunungan Selatan Jawa Timur dari tua ke muda adalah batuan metamorf (PraTersier); F. Gamping-Wungkal (Eosen); F. Kebo-Butak (Oligosen); F. Semilir (Miosen Awal-Atas); F. Nglanggeran (Miosen Tengah-Atas); F. Sambipitu (Miosen Tengah-Atas); F. Oyo (Miosen Atas-Pliosen) dan F. Wonosari (Miosen Tengah-Pliosen) (Tabel 1).

Litologi penyusun Formasi Kebo-Butak di bagian bawah berupa batupasir berlapis, batulanau, batulempung, serpih, tuf dan aglomerat, sedang di bagian atas terdiri atas perselingan batupasir dan batulempung dengan sisipan tuf asam. Ketebalan total formasi ini lebih dari 650 m (Surono dkk., 1992). Berdasarkan kandungan fosil foraminifera kecil, umur Formasi Kebo-Butak adalah N2-N5 (Oligosen Akhir-Miosen Awal), dan lingkungan pengendapannya laut terbuka yang terpengaruh arus turbid (Sumarso dan Ismoyowati, 1975).

bipitu (Rahardjo dkk., 1995). Meskipun jarang, di beberapa tempat sering dijumpai fragmen koral dalam breksi. Secara lokal dan tidak menerus, breksi ini disisipi oleh tuf kasar dan tuf halus yang berlapis baik dan lava. Di beberapa lokasi yang lain terdapat perlapisan lava, breksi gunung api, lapili tuf dan tuf, serta batuan beku intrusi dangkal berupa sill dan retas andesit, seperti di K. Ngalang. Umumnya, Formasi Nglanggeran juga miskin fosil. Penemuan fosil foraminifera pada sisipan batupasir dan batulempung memberikan petunjuk bahwa Formasi Nglanggeran ini berumur N5-N9 atau Miosen Awal sampai Miosen Tengah bagian bawah (Surono dkk., 1992). Analisis umur dengan metoda K/Ar terhadap batuan beku di Parangtritis memberikan umur $26,55 \pm 1,07$ jt (retas) dan $26,40 \pm 0,83$ jt (retas) atau Oligosen Akhir (Soeria-Atmadja dkk., 1994). Semetara itu Hartono (2000) melakukan analisis K/Ar terhadap lava di Kali Ngalang dan memperoleh umur $58,58 \pm 3,24$ jt atau Paleosen Akhir. Dengan banyaknya fragmen andesit dan lava berlabang yang teroksidasi kuat berwarna merah bata, Bronto dkk. (1999), menentukan lingkungan asal batuan gunungapi tersebut adalah darat-laut dangkal. Sementara itu, dengan ditemukannya fragmen koral insitu dalam breksi, menunjukkan bahwa lingkungan pengendapan Formasi Nglanggeran adalah laut dangkal. Banyaknya fragmen bom dan blok gunung api dalam breksi yang berselingan dengan lava dan diterobos oleh batuan beku andesit, menandakan bahwa batuan tersebut merupakan hasil dari kegiatan vulkanisme tahap konstruksi tipe komposit; pasca kaldera letusan yang membentuk Formasi Semilir (Bronto dkk., 2008). Menurut Bronto dkk. (1999), daerah Kali Ngalang merupakan bagian dari tubuh gunungapi purba; namun sebelumnya Bronto dkk. (1998) beranggapan bahwa material tersebut adalah longSORan batuan gunung api Tersier Baturagung.

Di atas Formasi Nglanggeran adalah Formasi Sambipitu. Sebaran lateral Formasi Sambipitu sejajar di sebelah selatan Formasi Nglanggeran, di kaki selatan Gunung Baturagung, yang menyempit dan kemudian menghilang di sebelah timur. Ketebalan Formasi Sam-

bipitu mencapai 230 m di utara Nglipar dan menipis ke timur (Surono dkk., 1992). Litologi penyusunnya di bagian bawah adalah batupasir kasar yang makin ke atas berangsur menjadi batupasir halus berselingan dengan serpih, lanau dan batulempung; sedangkan di bagian bawah tidak bersifat karbonatan. Formasi Sambipitu berkedudukan menjari dan selaras di atas Formasi Nglanggeran. Hubungan langsung secara berangsur dari Formasi Nglanggeran ke Formasi Sambipitu sangat baik tersingkap di Kali Putat dan Kali Ngalang. Selain itu urutan stratigrafi Formasi Sambipitu juga sangat baik teramati di sepanjang Kali Widodo. Pada posisi transisi tersebut, breksi gunungapi dan batulapili makin menghilang, sebaliknya batupasir gunungapi atau tuf semakin dominan dan ukuran butirnya semakin menghalus. Secara lokal dalam Formasi Sambipitu terdapat lensa-lensa breksi andesit, batulempung dan fragmen karbon. Struktur sedimen berupa perlapisan sangat baik dengan tebal bervariasi dari 5-30 cm. Struktur sedimen perlapisan bersusun, ukuran butir lempung sampai pasir, diendapkan dalam arus laminar dan gelembur gelombang dengan fosil jejak ditemukan di bagian atas. Dari kandungan fosil foraminifera kecil, Formasi Sambipitu berumur Miosen Bawah sampai awal Miosen Tengah (N7-N9); dan dari fosil bentuk diketahui adanya percampuran antara endapan laut dangkal dan laut dalam. Sisipan batupasir tuf dan bahan karbonatan dalam Formasi Sambipitu, menunjukkan telah terjadi fase penurunan kegiatan gunung api pada periode ini.

Struktur geologi di Pegunungan Selatan berupa lipatan dan sesar. Lipatan terdiri atas antiklin dan sinklin dengan arah umum timurlaut-baratdaya dan beberapa baratlaut-tenggara, dan berasosiasi dengan sesar naik, sebagaimana yang tersingkap di daerah Ngelosari (Piyungan). Sayap lipatan bersudut kecil ($3-15^\circ$), umumnya berbentuk agak setangkup. Sesar pada umumnya berupa sesar turun dengan arah utama timurlaut-baratdaya dan baratlaut-tenggara: Sesar Opak yang memotong G. Gajhukungur.

PEMBAHASAN

Pengumpulan data Interpretasi citra satelit menjumpai adanya bentukan me-lingkar tinggian yang tersusun atas ba-tuan gunung api. Tinggian tersebut keli-hatan terpisah dari tinggian Sudimoro yang berada di sebelah timurnya. Pengamatan fisiografi di lapangan menjumpai bahwa daerah penelitian tersusun atas bukit-bukit yang agak terpisah satu sama lain. Litologi indikasi gunung api ditunjukkan oleh ada-nya singkapan lava basalt berstruktur bantal, lava dan intrusi andesit yang berasosiasi dengan breksi auto-klastik dan breksi andesit kaya bom dan blok, aglomerat, breksi koignimbrit yang berasosiasi dengan breksi pumis dan tuf pumis. Secara genetis, batuan-batuan tersebut dihasilkan dari aktivitas gunung api.

Perselingan lava basalt berstruktur bantal, lava andesit basaltik, dan breksi andesit-basalt tersingkap di Parang-tritis, Candisari (Prambanan), Wonolelo, Bawuran, Sudimoro, Cegokan-Terong dan Piyungan. Batuan gunung api beru-

pa breksi pumis, tuf pumis dan breksi koignimbrit tersingkap di Ngelosari, Pager-gunung, Nyamplung dan Senthong. Di Bawuran, tersingkap kontak antara breksi pumis abu-abu gelap dengan breksi andesit. Di Dusun Nyamplung-Senthong berbatasan langsung dengan breksi an-desit-basaltis dan menumpang langsung di atas perselingan batupasir coklat dan basalt. Di daerah Plencing-Dengkeng di atas tuf pumis tersebut berupa batupasir coklat. Kebanyakan lava dan intrusi andesit-basalt berasosiasi dengan batuan asal gunung api, yaitu breksi vulkanik, aglomerat dan batuan teralterasi.

Singkapan perlapisan breksi dan lava andesit dengan sisipan tuf dijumpai di Dn. Bojong, Desa Wonolelo, Kec. Ple-ret, Kab. Bantul, pada koordinat $7^{\circ} 52' 58,0''$ LS dan $110^{\circ} 25' 58,4''$ BT. Secara stratigrafi kelompok batuan ini ditum-pangi oleh tuf dan batulapili Formasi Semilir (Gambar 3).

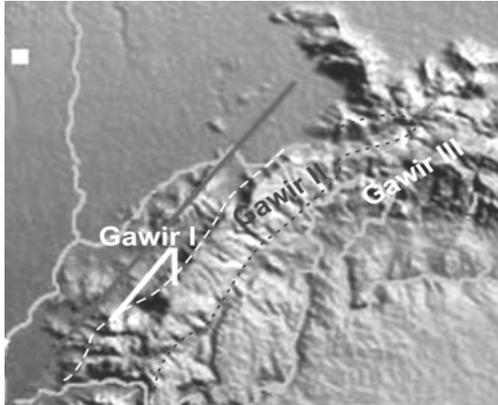


Gambar 3. Posisi batuan gunung api Wonolelo terhadap batuan gunung api Formasi Semilir dan Nglanggeran diamati dari arah baratdaya (di Dn. Bojong)

Didasarkan atas ciri fisiknya, ada dua jenis breksi pumis dan tuf; yaitu yang berwarna abu-abu gelap dengan berat jenis $2,3\text{gr}/\text{cm}^3$ dan breksi pumis yang berwarna putih dengan berat jenis $1,8\text{gr}/\text{cm}^3$. Secara stratigrafi, breksi pumis tersebut dapat dikelompokkan ke dalam tiga satuan. Singkapan breksi pumis tua yang paling ideal dijumpai di Sindet-Plencing-Srumbung atau terletak di ba-

gian barat daerah penelitian; selanjutnya disebut sebagai breksi pumis Sindet. Kelompok kedua tersingkap di daerah Ngelosari, Senthong, Watuadeg, dan G. Bangkel; yang selanjutnya disebut breksi pumis Senthong-Ngelosari. Breksi pumis yang paling atas (muda) dijumpai di daerah Cegokan, Terong, Oro-oro dan Semilir; dan disebut breksi pumis Semilir. Secara geomorfologi, breksi pumis

Sindet tersebar di bawah gawir I, breksi pumis Senthong-Ngelosari di bawah gawir II dan breksi pumis Semilir di bawah gawir III (Gambar 4).



Gambar 4. Posisi batuan gunung api breksi pumis I di gawir I; breksi pumis II di gawir II dan breksi pumis III di gawir III

Breksi pumis Sindet dicirikan oleh warna abu-abu gelap, lebih kompak dan lebih berat dari breksi pumis Semilir, kaya litik dan gelas basalt. Di beberapa tempat, breksi pumis ini berasosiasi dengan breksi koignimbrit, seperti di Dn. Plencing, Dahromo dan Tlukan. Breksi koignimbrit dicirikan oleh struktur masif, kemas terbuka, komposisi fragmen terdiri atas bom dan blok andesit berdiameter beberapa cm hingga beberapa meter, serta pumis yang tertanam dalam matriks tuf. Breksi koignimbrit juga berasosiasi dengan intrusi andesit di G. Guwo. Dari hasil analisis fosil foraminifera kecil, Husadani (in press.) dan Irawan (in press.) menentukan umur batupasir coklat yang menumpang di atas breksi pumis N 5-9 (Miosen Awal). Jadi, umur breksi pumis adalah sebelum N 5-9.

Breksi pumis Sindet secara stratigrafi berada di bawah perlapisan breksi andesit-basaltis dan lava andesit piroksen. Secara detail disusun atas breksi koignimbrit, yang berhubungan menjari dengan breksi pumis di daerah Jetis-Sindet; sedangkan breksi pumis sendiri pada sisi yang lain berhubungan menjari dengan perselingan breksi pumis dan tuf di Tlukan dan Srumbung (Gambar 5).

Di atas breksi pumis Sindet adalah perselingan breksi andesit dan lava andesit. Singkapan yang paling ideal di-

jumpai di daerah Bojong-Wonolelo, yang selanjutnya disebut sebagai breksi andesit Wonolelo (Gambar 6). Di dalam satuan batuan ini juga terdapat intrusi dangkal andesit yang tersingkap di Dn. Dengkeng-Pucung. Batuan beku ini juga berasosiasi dengan breksi autoklastik dan breksi andesit, dengan komposisi mine-ralogi yang sama dengan breksi andesit yang tersingkap di Wonolelo.



Gambar 5. Singkapan breksi pumis Sindet dengan warna abu-abu gelap, mengandung fragmen lempung warna coklat di Kedungpring



Gambar 6. Singkapan breksi andesit di Dn. Wonolelo

Hubungan breksi pumis Sindet dan breksi andesit Wonolelo di beberapa tempat gradasi dan di beberapa tempat yang lain tidak selaras. Hubungan gradasional tersingkap di Dengkeng dan Srumbung, ditunjukkan oleh singkapan berangsur perselingan breksi pumis dan tuf abu-abu dengan batupasir coklat (Gambar 7). Hubungan tidak selaras ditunjukkan oleh adanya singkapan perselingan lava dan breksi andesit, secara langsung di atas Sindet dengan dibatasi

bidang erosi, tersingkap di Sindet barat dan Plencing. Pada perselingan breksi dan lava andesit, juga dijumpai warna kemerahan akibat oksidasi yang mencirikan lingkungan pengendapannya laut dangkal.



Gambar 7. Komposisi stratigrafi satuan breksi pumis Sindet dan breksi andesit Wonolelo.

Di bagian utara daerah penelitian, yaitu di G. Kelir, Pilang dan Nyamplung, breksi andesit Wonolelo mengalami perubahan komposisi menjadi lebih basaltik, menghasilkan perselingan basalt dengan tuf coklat dan breksi dengan fragmen basalt. Lava basalt berstruktur bantal juga tersingkap di Sungai Opak, Sumber Kidul-Watuadeg (Gambar 8). Di daerah ini, basalt langsung ditumpangi oleh perlapisan tuf dan breksi pumis warna abu-abu. Makin ke selatan, singkapan breksi pumis abu-abu ini makin menebal dengan fragmen pumis yang juga makin besar. Singkapan paling ideal dijumpai di G. Bangkel dan G. Curu, 1-2km ke selatan dari Watuadeg.

Di atas perselingan lava dan breksi andesit Wonolelo adalah breksi pumis dan tuf warna abu-abu (Gambar 9), yang disebut breksi pumis Senthong-Ngelosari. Secara fisik, breksi pumis ini memiliki ciri yang hampir sama dengan breksi pumis Sindet, hanya saja lebih miskin fragmen arang. Tebal satuan ini

lebih dari 100m, tersingkap di Senthong, Ngelosari, Kali-gathuk, Watuadeg, dan perbukitan kecil di G. Bangkel dan sekitarnya hingga gawir kedua bagian barat Pegunungan Selatan. Hubungan breksi pumis dan lava basalt adalah tidak selaras. Di Sumber Kidul, kontak breksi pumis dan lava basalt berupa breksi alas, yang dicirikan oleh mengandung fragmen basalt dan pumis yang mengambang dalam matriks tuf. Tebal keseluruhan satuan ini mencapai 200 m. Secara umum terdiri atas breksi pumis masif, perselingan breksi pumis dan tuf abu-abu gelap.



Gambar 8. Singkapan basalt berstruktur bantal di Sungai Opak Dn. Sumber Kidul



Gambar 9. Singkapan breksi pumis Senthong-Ngelosari yang tersingkap di G. Bangkel

Di atas breksi pumis Senthong-Ngelosari berupa perlapisan batupasir coklat, breksi dan lava basalt (Gambar 10). Batupasir coklat dicirikan oleh warna coklat, berlapis sampai masif, pada

bagian atas berselingan dengan tuf warna putih Semilir. Secara berangsur makin ke atas makin menghilang dan berubah menjadi tuf pumis warna putih (Gambar 11). Di bagian selatan, satuan ini dijumpai di daerah Kaligathuk hingga Cegokan, sedangkan di bagian utara tersingkap di Senthong- Nyamplung.

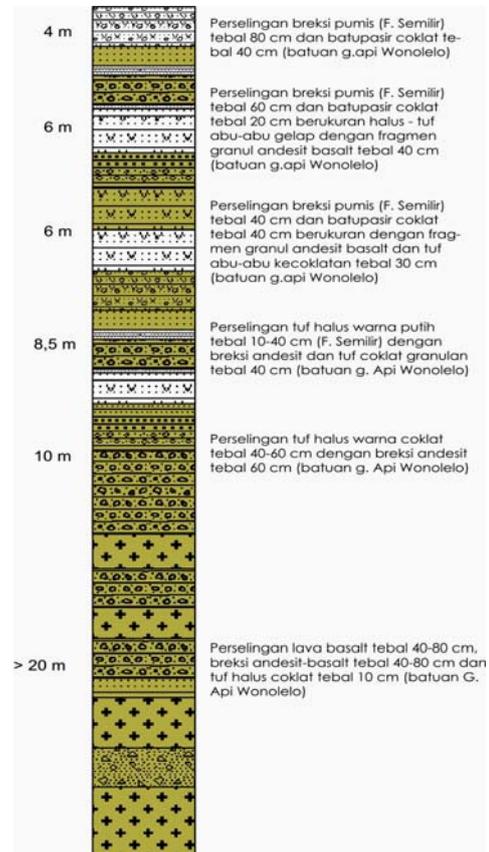


Gambar 10. Singkapan perselingan basalt dan batupasir warna coklat di Dn. Senthong

Secara berangsur, di atas batupasir warna coklat adalah tuf dan breksi pumis putih yang disebut sebagai breksi pumis Semilir. Bersama-sama dengan breksi pumis Semilir, peneliti terdahulu (Surono dkk., 1992; Rahardjo dkk., 1995; Suyoto, 2007) memasukkan breksi pumis Sindet dan breksi pumis Senthong-Ngelosari ke dalam Formasi Semilir. Sementara itu ketiganya secara stratigrafi dan secara fisik di lapangan berbeda. Di lain sisi, peneliti-peneliti terdahulu juga menentukan hubungan Formasi Semilir dengan breksi andesit Formasi Nglanggeran menjari. Hal itu di-landasi oleh kenampakan perselingan antara breksi pumis dan breksi andesit di lapangan.

Di lapangan, breksi pumis Semilir dicirikan oleh warna putih sangat terang, berlapis sejajar-silangsiur (Gambar 12), warna lapuk kekuningan, lebih ringan ($B_j 1,8\text{gr/cm}^3$), lebih cerah dan lebih rapuh dari breksi pumis Sindet dan breksi pumis Senthong-Ngelosari. Di dalam satuan batuan ini juga dijumpai fragmen arang kayu berdiameter 10-20cm yang memipih akibat pembebanan. Secara nyata, breksi pumis Semilir menumpang di atas breksi andesit Wonolelo dan batupasir coklat Cegokan. Tapi, pada periode lain, satuan ini juga menumpang secara selaras di atas batupasir coklat

dan basalt Formasi Kebo-Butak di Terong. Di daerah penelitian, tebal satuan ini mencapai sekitar 150m.



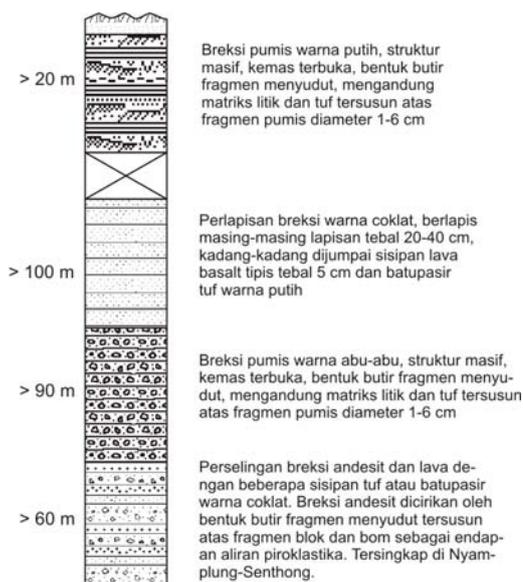
Gambar 11. Stratigrafi batuan gunung api di Cegokan-Terong



Gambar 12. Singkapan tuf-pumis Semilir di Terong-Cegokan

Sintesis dan Analisis aktivitas gunung api dapat terjadi secara eksplosif yang bersifat merusak menghasilkan abu dan pumis; dan bersifat membangun dengan perselingan lava dan

breksi andesit-basaltik. Pertumbuhan awal gunung api biasanya dicirikan oleh aliran lava basalt, yang berkembang menjadi andesitis, hingga lebih bersifat asam dan kental, menghasilkan letusan bertekanan tinggi dan bersifat merusak. Dari uraian di atas dapat dijelaskan bahwa urutan stratigrafi di daerah penelitian dari tua ke muda dapat dilihat dalam Gambar 13.



Gambar 13. Kompilasi stratigrafi batuan gunung api daerah penelitian

Dari tua ke muda, litologi di daerah telitian tersusun atas: (1) breksi pumis Sindet (abu-abu gelap) bersifat andesitis, (2) breksi dan lava basalt dan andesit Pilang-Nyamplung dan Watu-adeq, (3) breksi dan tuf pumis Senthong-Ngelosari (abu-abu kaya litik), (4) perselingan breksi dan lava andesit Wonolelo yang menjari dengan batupasir coklat Cegokan dan perselingan batupasir coklat dan basalt Formasi Kebo-Butak, (5) tuf dan breksi pumis Semilir (putih) dan (6) breksi andesit Nglanggeran. Dari komposisi litologinya tersebut dapat diinterpretasi telah berlangsung tiga kali fasa letusan eksplosif yang bersifat destruksi dan tiga periode konstruksi komposit gunung api.

Sebelum letusan eksplosif Sindet, secara vulkanologi seharusnya diawali dengan fasa konstruksi pertama, yang menghasilkan perselingan breksi dan lava andesit-basalt. Batuan itu posisi stratigrafinya berada di bawah pumis Sindet.

Pemetaan bawah permukaan diperlukan untuk mengetahui bagian dasar Sindet.

Pasca letusan kaldera Sindet, terjadi pertumbuhan kerucut gunung api menghasilkan komposit Watuadeg dan Pilang-Nyamplung yang bersifat basaltis dan Dengkeng yang bersifat andesitis. Dalam konsep vulkanologi, suatu evolusi gunung api selalu diawali dengan magma yang lebih basaltik, yang kemudian dari waktu ke waktu terdifferensiasi menjadi lebih asam. Ada dua kemungkinan berkaitan dengan pertumbuhan komposit gunung api pada periode ini. Kemungkinan pertama; ketiga daerah merupakan satu tubuh gunung api yang sama. Dari waktu ke waktu, kawah gunung api bergeser dari utara ke selatan; diawali di Watuadeg. Lalu kawah gunung api tersebut bergeser ke Pilang-Nyamplung dan Banyakan-G. Kelir dan terakhir di Sudimoro-Dengkeng. Yang kedua, pada masa itu, terdapat tiga zona aktivitas gunung api, yang satu sama lain tidak saling berhubungan. Di bagian selatan terdapat gunung api Dengkeng-Sudimoro dan di bagian utara terdapat gunung api Watuadeg. Gunung api Watuadeg berkembang menjadi lebih besar dan meletus eksplosif menghasilkan breksi pumis Senthong-Pilang, serta membentuk morfologi sirkular di sebelah utara gawir kedua (tengah; Gambar 4), dan di bagian selatan tidak berkembang.

Data lapangan dijumpai selang-seling lava dan breksi andesit Wonolelo yang ditumpangi oleh breksi pumis Semilir di bagian selatan, dan di bagian utara menjari dengan batupasir coklat yang menumpang breksi pumis abu-abu Senthong dan ditumpangi oleh breksi pumis Semilir. Jadi, setelah aktivitas eksplosif kedua, berlangsung aktivitas konstruksi kerucut Wonolelo dengan aktivitas epiklastika tuf coklat di bagian utara (Cegokan). Sedangkan di bagian timur berkembang batuan Formasi Kebo-Butak. Pada puncak aktivitasnya, berlangsung letusan eksplosif ketiga menghasilkan breksi pumis putih Semilir dan pembangunan kerucut gunung api ketiga menghasilkan aglomerat, breksi dan lava andesit Formasi Nglanggeran.

Lava basalt berstruktur bantal terbentuk di lingkungan laut dalam, se-

dangkan breksi autoklastik terbentuk di dalam lingkungan perairan. Ada dua kemungkinan proses oksidasi dalam batuan beku dan batuan gunung api, yaitu oleh proses pelapukan dan akibat pembekuan. Oksidasi selama proses pembekuan dalam udara bebas menghasilkan warna kemerahan pada permukaan batuan dan batuan masih keras, tetapi oksidasi akibat pelapukan menghasilkan batuan lapuk dan rapuh. Jadi, lava dan breksi andesit Wonolelo, terbentuk pada perairan laut dangkal.

Ada dua kemungkinan berkaitan dengan lingkungan geologi selama aktivitas gunung api di daerah penelitian. Kemungkinan pertama: aktivitas gunung api berlangsung dengan pusat erupsi lebih dari satu secara bersamaan. Kemungkinan kedua, pusat erupsi lebih dari satu dengan waktu erupsi secara berkesinambungan. Kemungkinan kedua lebih masuk akal, karena terdapat perubahan lingkungan pengendapan yang signifikan antara Watuadeg (laut dalam), Dengkeng-Sudimoro dan Wonolelo (laut dangkal) dan Cegokan-Semilir (darat). Untuk wilayah yang sempit tersebut, jika tanpa adanya perubahan muka airlaut secara signifikan maka tidak akan membentuk perubahan lingkungan pengendapan yang signifikan. Pembentukan keenam satuan batuan gunung api tersebut, memerlukan waktu yang sangat panjang; tidak hanya selama Miosen Bawah hingga Tengah, namun lebih panjang lagi.

Didasarkan atas kondisi fisiografi/geomorfologinya; tiga gawir yang dari bawah tersusun oleh breksi pumis Sindet pada gawir I, breksi pumis Senthong pada gawir II dan breksi pumis Semilir pada gawir III, mengindikasikan adanya proses penghancuran akibat aktivitas eksplosif gunung api. Geomorfologi bagian utara dan barat, yang kini berada lebih rendah adalah bagian yang hancur, sementara dinding gawir membatasi dinding kaldera. Deformasi yang dihasilkannya cukup signifikan, mengingat kegiatannya berlangsung secara berulang-ulang. Kegiatan gunung api yang berulang-ulang antara pembangunan dan penghancuran juga memberikan kontribusi terhadap meningkatnya alterasi, menghasilkan material rapuh yang mudah terdeformasi.

Gempabumi dengan kekuatan 6 SR atau lebih, yang diduga berlangsung secara berulang-ulang, yaitu pada waktu pengangkatan Plio-Pleistosen pasca aktivitas gunung api, serta gempabumi-gempabumi yang lain yang berlangsung secara periodik setelahnya, juga cukup menambah wilayah ini makin rapuh, sehingga tingkat kerusakan yang ditimbulkannya semakin besar.

KESIMPULAN

Aktivitas gunung api telah mempengaruhi tingkat kerusakan yang diakibatkan gempabumi di daerah Wonolelo-Watuadeg. Tiga fasa aktivitas gunung api dengan adanya inflasi dan deflasi, cukup berakibat pada lebih mudahnya reaktifasi sesar saat gempabumi berlangsung. Batuan yang telah rapuh tersebut, jauh lebih mudah terreaktivasi oleh kegiatan tektonik yang berulang pada kegiatan gempabumi. Sesar Opak, yang selama ini disebut-sebut sebagai sesar utama Yogyakarta, mungkin bukan lagi sesar yang paling mudah terreaktivasi lagi, sehingga perlu peninjauan kembali mengenai tingkat deformasinya. Daerah yang paling rawan deformasi berada di sebelah timur dan tenggara, yaitu pada ketiga gawir Sindet, gawir Senthong dan gawir Semilir.

DAFTAR PUSTAKA

- Van Bemmelen, R.W., 1949, *The Geology of Indonesia*, Vol. IA, Martinus Nijhoff, the Hague, 732 p.
- Bothe, A. Ch. D., 1929, *Djiwo Hills and Southern Ranges, Excursion Guide, IVth Pacific Sci.Cong.*, Bandung, 23 p.
- Bronto, S., 1983, *The Nature of the Krakatau Ash Flow Deposits, Symp. 100th Krakatau 1883-1983*, Jakarta, 23-27 August, 1983.
- Bronto, S., Hartono, G., dan Astuti, B., 2004, Hubungan genesis antara batuan beku intrusi dan batuan beku eks-trusi di Perbukitan Jiwo, Kec. Bayat, Klaten Jawa Tengah, *Majalah Geologi Indonesia*, v. 19, no. 3, Des. 2004, 147-163.

- Bronto, S., 2006, Fasies gunung api dan aplikasinya, *Jurnal Geologi Indonesia*, v.2, n. 1, 59-71.
- Bronto, S., Astuti, B., Hartono, G., dan Mulyaningsih, S., 2008, Formasi Wonolelo: usulan nama satuan litostratigrafi baru batuan gunung api Tersier di Daerah Bantul, Yogyakarta, *Proseding Seminar Nasional "Tantangan dan Strategi Pendidikan Geologi dalam Pembangunan Nasional" 15 Feb. 2008 – Jur. T. Geologi FT UGM Yogyakarta*.
- Cas, R.A.F. dan J.V. Wright, 1987, *Volcanic Successions. Modern and Ancient*, Allen & Unwin, London, 528.
- Hamilton, W., 1979, *Tectonics of The Indonesian Region*, Geological Survey Professional paper 1078, in corporation with the Geological Survey of Indonesia, The Australia Bureau of Mineral Resources, 345.
- Kusumadinata, K., 1979, *Data Dasar Gunungapi Indonesia*, Direktorat Vulkanologi, Bandung, 820.
- Samodra, H. dan Sutisna, 1997, Peta geologi lembar Klaten, Jawa Tengah, skala 1 : 50.000, *Puslitbang Geologi*, Bandung.
- Soeria-Atmadja, R., Maury, R.C. Bellon, H., Pringgoprawiro, H., dan Priadi, B., 1994, Tertiary magmatic belts in Java, *Journ. SE Asian Earth Sci.*, 9.
- Sutawidjaja, I.S., 2006, Proses terjadinya Gunung api Krakatau dan rencana mitigasinya, PVMBG, Bandung, 11 h, laporan tidak dipublikasikan.
- Suyoto, 2007, Status Cekungan Wonosari dalam kerangka tektonik Indonesia Barat, abstrak, *Seminar dan Workshop "Potensi Geologi Pegunungan Selatan dalam Pengembangan Wilayah"*, Yogyakarta, 27-29 Nov. 2007.
- Wheller G E, Varne R, 1986. Genesis of Dacitic Magmatism at Batur Volcano, Bali, Indonesia: Implications for The Origins of Stratovolcano Calderas. *J Volc Geotherm Res*, 28: 363-378
- Williams, H. and McBirney, A.R., 1979, *Volcanology*, Freeman, Cooper & Co., San Francisco, 398.