

FENOMENA GEOLOGI AKIBAT GEMPA TEKTONIK 27 MEI 2006

Helmy Murwanto¹, Sutikno², Sutarto¹, Joko Soesilo¹, dan Sutanto¹¹Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta²Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta*Abstract*

This paper devotes interpretation result on relationship of tectonic earthquake with occurred geological phenomena. The study is based on field observations and measurements, and is supported by secondary collected data from BMG, USGS, PPAB, UNOSAT, and Geological Map of Yogyakarta sheet.

Geological interpretation concludes that the May 27th 2006 tectonic earthquake was shallow quake on 5,9 Richter Scale, its focus was far above the Benioff's Zone. The quake was caused by energy force releases as compression force accumulation of the two plate convergences, passed over its continue shearing strain between fault blocks. The realized energy had reactivated old fault system of Tertiary rocks, either the Quaternary sediment cover underneath old faults or exposed old faults. The condition had been responsible for the devastated situation and been available following geological phenomena.

The occurred geological phenomena during earthquake were: new joint formations, liquefaction, mass movements cut young fluviovolcanic sediment, underground roar. New joint formation had cut young sediments with Northeast-Southwest, North-South, East-West and Northwest-Southeast trending. Liquefaction during earthquake occurred along fractures. In some localities its fountain reached 4 meter high and be accompanied by mud, sand and sometimes sulfur smell. Mass movement quit frequent had been occurred in mountain slopes or in hills cut by faults. Mass movement consists of rock falls, subsidence, landslides and creeps. Devastative buildings followed the earthquake trend. Ruin of housing, infrastructures seems to be related to fracture trends during the earthquake. Geological structure distribution of the May 27th 2006 earthquake has been devoted after the observation and measurements during and post-quake.

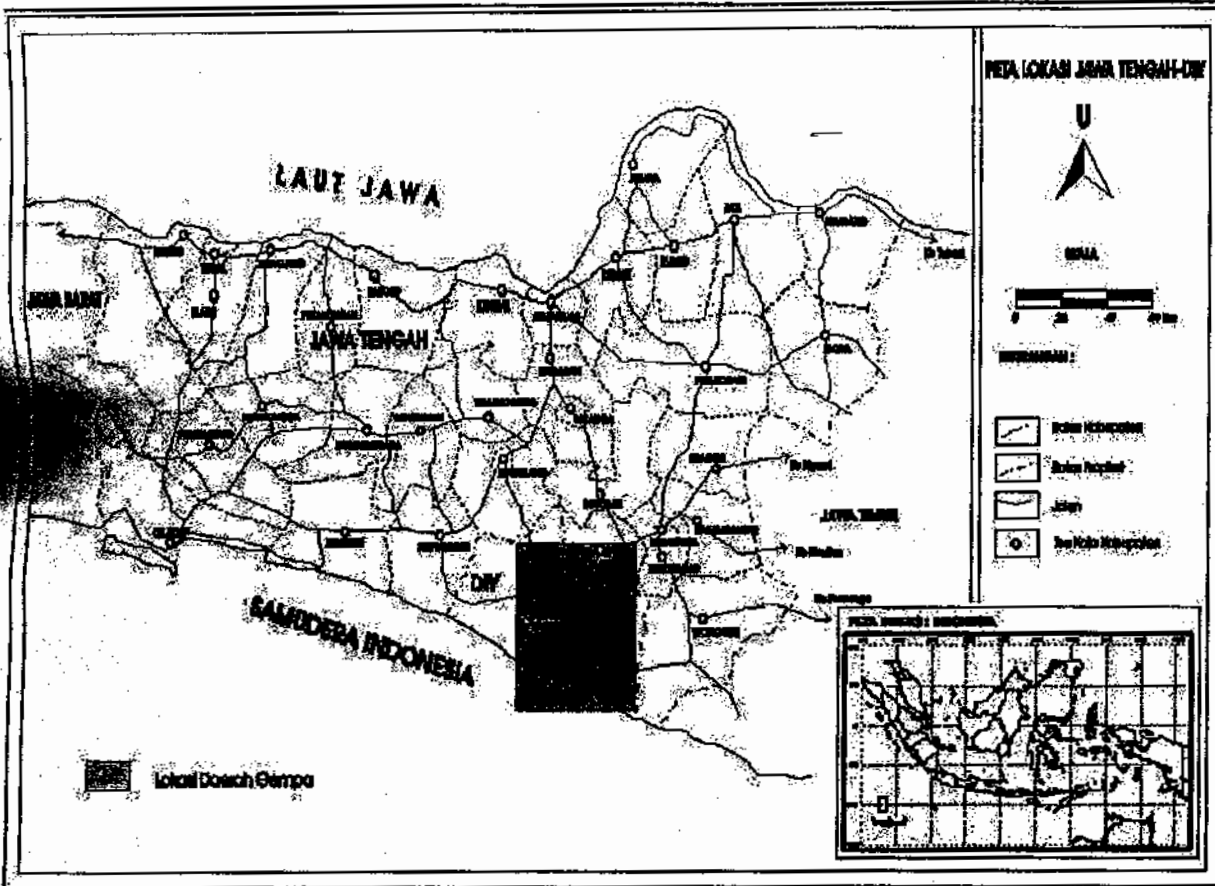
Keywords : earthquake, geological structure, new joint formations

1. Pendahuluan

Bila mengenang peristiwa satu tahun lalu, kejadiannya memang sangat mengejutkan, saat perhatian masyarakat tertuju dan menunggu, bagaimana penantian panjang kapan aktivitas Gunung Merapi akan terjadi. Masyarakat yang berada di sekitar lereng Merapi juga bertambah bingung, karena pemerintah mengharuskan penduduk yang

tinggal di dusun-dusun sekitar lereng tengah bagian atas harus segera dievakuasi, padahal tanda-tanda alam yang mereka yakini/jadikan pedoman pada saat itu belum memperlihatkan gejala letusan akan terjadi.

Tiba-tiba di hari sabtu pagi, 27 Mei 2006 pukul 05.54 WIB, menjelang nadi kehidupan Kota Yogyakarta dan sekitarnya akan dimulai, semua orang dikejutkan oleh



Gambar 1. Peta Lokasi daerah gempa tektonik Yogyakarta dan Jawa Tengah

goncangan kerak bumi yang sangat kuat dan mencekam selama hampir satu menit (± 57 detik). Mengapa mencekam, karena selang beberapa waktu setelah gempa, tersiar berita bahwa gempa tersebut diikuti oleh gelombang tsunami. Akibatnya sebagian masyarakat Yogyakarta sampai Klaten menjadi panik dan bingung, menyelamatkan diri menuju ke utara ke arah lereng Merapi yang posisinya lebih tinggi. Padahal kota Yogyakarta ketinggiannya sudah aman dari bencana tsunami karena berada lebih dari 100 mdpal. Ironisnya, banyak ahli kebumihan pada saat itu juga ikut-ikutan menyelamatkan diri. Fenomena sosial ini sangat menarik untuk dikaji dan dicermati, mengapa masyarakat

menjadi sangat mudah terprovokasi.

Gempa tektonik 27 Mei 2006 juga meninggalkan berbagai jejak "fenomena geologi" gempa yang sangat menarik untuk dikaji dan diinventarisasi. Tulisan ini akan menyajikan sebagian dari beberapa fenomena geologi, yang sempat dilakukan pengamatan dan pendataan di lapangan, sebelum data-data tersebut hilang karena rehabilitasi maupun proses alami.

2. Peristiwa Gempa Tektonik

Daerah Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta berdasarkan catatan sejarah sudah sering mengalami gempa, yakni gempa tektonik yang berkekuatan di atas 6

SR, bahkan ada yang mencapai lebih dari 7 SR, telah berulang kali terjadi pada tahun 1867, 1943, 1981, 2001, dan yang terakhir terjadi pada tanggal 27 Mei 2006 pagi.

Gempa tersebut sebagian besar terjadi di wilayah Jawa Tengah-Daerah Istimewa Yogyakarta, pusat gempanya berada beberapa puluh kilometer di bawah busur kepulauan Jawa maupun di bawah dasar laut selatan Samudra Indonesia. Korban paling besar tercatat pada 23 Juli 1943 (sumber BMG) sejumlah 213 orang meninggal dan 296 luka-luka dan diperkirakan 2.800 rumah mengalami kerusakan. Sumber lain mencatat 4.000 korban jiwa (Katili, 1964).

Apabila dicermati, peristiwa terjadinya gempa tektonik pada tanggal 27 Mei 2006 pagi (pukul 05.54 WIB), hanya berkekuatan $\pm 6,2$ Skala Richter (USGS) atau 5,9 Skala Richter (BMG), dengan durasi waktu kurang dari 1 menit dengan pusat gempa berkisar 17 km, posisinya berada di bagian tengah kerak busur kepulauan Jawa, mampu meluluhlantakkan sebagian wilayah Bantul bagian timur dan Kabupaten Klaten bagian selatan, dengan korban lebih dari 5000 jiwa dan puluhan ribu rumah hancur total. Kekuatan gempa yang tidak begitu besar untuk ukuran gempa tektonik, akan tetapi mampu meruntuhkan berbagai macam bangunan yang ada dipermukaan dengan korban yang sangat besar, menjadi sangat menarik untuk dilakukan kajian geologi dan geomorfologi, untuk

mengetahui karakteristik mekanisme penyebab kuatnya daya hancur gempa tektonik pada tanggal 27 Mei 2006 tersebut.

3. Geomorfologi Wilayah Gempa Tektonik Mei 2006

Dataran Bantul merupakan dataran rendah, tepatnya berada ± 5 km di selatan Kota Yogyakarta. Dataran tersebut memanjang 25 km ke arah selatan, berakhir di pantai selatan Samudra Hindia. Bagian utara dataran rendah Bantul berbatasan dengan dataran Yogyakarta. Dataran rendah Bantul bentuknya memanjang dengan arah barat-daya-timurlaut, di kedua sisinya mengalir sungai besar yakni Sungai Progo di sisi barat dan Sungai Opak di sisi timur. Kedua sungai tersebut berasal dari lereng gunungapi muda yang ada di sebelah utara dataran Bantul dan dataran Yogyakarta. Pada kedua sungai utama tersebut telah bergabung sungai-sungai kecil. Sungai kecil dari zona Pegunungan Selatan bersatu dengan Sungai Opak, sedangkan dari zona Pegunungan Kulonprogo bersatu dengan Sungai Progo.

Kedua zona pegunungan tersebut telah lama mengalami proses pelapukan dan pembentukan tubuh tanah secara sempurna, sehingga pada musim hujan, sungai-sungai yang berasal dari kedua pegunungan tersebut akan membawa banyak material *soil* bercampur dengan material vulkanik melalui sungai utama, kemudian akan terendapkan

di dataran rendah Bantul. Akibat proses sedimentasi tersebut, dataran rendah Bantul menjadi sangat subur dengan ketersediaan air yang sangat melimpah. Dataran tersebut sangat baik dikembangkan menjadi lahan pertanian. Pengaruhnya adalah laju pertumbuhan penduduk di dataran Bantul menjadi relatif pesat, dengan pola pemukiman yang menyebar dan lambat laun menjadi semakin rapat.

Areal pemukiman awalnya hanya berkembang di sekitar aliran sungai utama di dataran rendah Bantul, yaitu Sungai Opak, Progo, dan Bedog. Di sekitar ketiga aliran sungai tersebut, terdapat deretan perkampungan yang hampir tidak terputus dari utara sampai selatan dataran Bantul. Setelah dibangun akses jalan pada lahan dataran antar sungai, pemukiman mulai menyebar dengan pola yang tidak berbeda jauh seperti yang berkembang sekarang ini.

3.1 Bentuklahan Pegunungan Struktural

Dataran rendah Bantul ke arah timur dibatasi oleh bentuklahan pegunungan, batas berupa gawir sesar bertingkat dengan dinding yang sangat curam. Gawir-gawir tersebut memperlihatkan arah memanjang timurlaut-baratdaya hampir sejajar dengan aliran Sungai Opak. Sebelum mencapai gawir memanjang yang sangat curam, dataran Bantul dibatasi oleh deretan perbukitan dengan orientasi arah timurlaut-baratdaya juga. Perbukitan tersebut mempunyai bentuk

asimetri. Lereng yang menghadap ke arah barat lebih curam daripada lereng yang miring ke arah timur. Bukit-bukit tersebut mempunyai ketinggian berkisar antara 50 m sampai 200 m dari permukaan air laut. Deretan perbukitan dari selatan ke arah utara terdiri dari: Bukit Imogiri ± 125 m, Bukit Gunung Pasar ± 139 m, Bukit Krasakan ± 175 m, Bukit Candibang ± 150 m, dan Bukit Pereng ± 200 m. Bukit-bukit tersebut mempunyai kelurusan timurlaut-baratdaya. Pada lereng curam yang menghadap ke barat, mempunyai arah yang sejajar dengan gawir yang sangat terjal dari Pegunungan Selatan yang berada di sebelah timurnya. Gawir terjal tersebut mempunyai ketinggian lebih dari 300 m dpl, berawal dari Dusun Sono di sekitar Pantai Parangtritis di bagian selatan, memanjang ke arah utara sampai Dusun Mintorogo di Prambanan, dengan panjang gawir ± 35 km. Gawir terjal memanjang timurlaut-baratdaya dan deretan perbukitan terisolasi di depannya bukan merupakan hasil kerja proses denudasional, tetapi merupakan hasil proses tektonik yang berupa struktur sesar geser timurlaut-baratdaya. Sesar-sesar tersebut kemudian berkembang menjadi struktur sesar normal bertingkat, dimana blok di bagian barat bergerak relatif turun terhadap blok di sebelah timurnya.

Proses geomorfologi yang bekerja pada bentuklahan pegunungan struktural, adalah proses pelapukan pada batuan-batuan

vulkanik tua dari Formasi Semilir dan Formasi Nglanggran. Batuan pada formasi tersebut tersusun oleh *breksi andesit*, *lava*, dan *tuff lapili*. Proses pelapukan di daerah tersebut telah berlangsung lama dan berjalan sangat efektif, yang didukung oleh banyak dan rapatnya struktur kekar (rekahan) maupun struktur sesar (patahan), yang terdapat pada bentuk lahan pegunungan struktural tersebut. Akibatnya pada topografi landai antar blok sesar memungkinkan terbentuk tubuh tanah yang tebal dan subur berwarna coklat kemerahan. Pada tubuh tanah tersebut mengandung kejenuhan air (*soil moisture*) yang sangat tinggi, mengakibatkan beraneka tanaman dapat tumbuh pada lahan tersebut.

Sumber mata air banyak ditemukan pada dasar-dasar lembah yang terjal. Sumber mata air tersebut berasal dari simpanan air tanah antar rekahan pada batuan dasar, terpotong oleh topografi lembah, umumnya mempunyai debit kurang dari 5 liter/detik.



Gambar 2. Kenampakan mata air baru yang muncul di Kali Denggung, Kabupaten Sleman

Proses erosi juga terjadi di pegunungan struktural, membentuk lembah-lembah erosi yang mengangkut larutan material tubuh tanah melalui aliran-aliran anak Sungai Oyo dan Opak. Aliran material ini kemudian terendapkan di dataran rendah Bantul.

Proses gerakan tanah dan massa batuan seringkali terjadi berupa jatuhan (*rock fall*) pada tebing-tebing yang kelerengannya sangat terjal, maupun gerakan massa tanah dan amblesan, seperti yang terjadi di Dusun Ngelepen, Kecamatan Prambanan, yang prosesnya dipicu oleh gempa tektonik 27 Mei 2006. Potensi tanah yang subur dan banyak dijumpai sumber mata air, men-



Gambar 3. Kenampakan retakan/amblesan akibat gempa di Dukuh Ngelepen, Desa Sumberlarjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman.

jadikan bentuklahan pegunungan struktural tersebut, banyak dihuni manusia dengan pola pemukiman yang tidak beraturan karena polanya sangat dipengaruhi oleh potensi lahan dan ketersediaan air.

3.2 Bentuklahan Perbukitan dan Pegunungan Kulonprogo

Dataran rendah Bantul ke arah barat dibatasi oleh bentuklahan perbukitan berlereng landai dengan ketinggian 50–175 m dpal. Seperti halnya bukit-bukit yang terdapat di Kecamatan Lendah, Pajangan, dan Kasihan. Lahan perbukitan tersebut terpotong oleh aliran Sungai Progo dan Bedog. Pada dasar aliran sungai tersebut, tersingkap batuan penyusun bentuklahan perbukitan berupa batuan karbonat dari Formasi Sentolo.

Formasi tersebut berlapis-lapis memperlihatkan perselingan antara napal tufaan dan batugamping berukuran pasir *kalkarenit* yang berumur miosen tengah sampai pliosen awal. Pada lahan perbukitan tersebut tubuh tanah yang terbentuk tidak begitu subur. Muka air tanahnya dalam, terutama pada musim kemarau sehingga kurang diminati masyarakat sebagai lahan pemukiman.

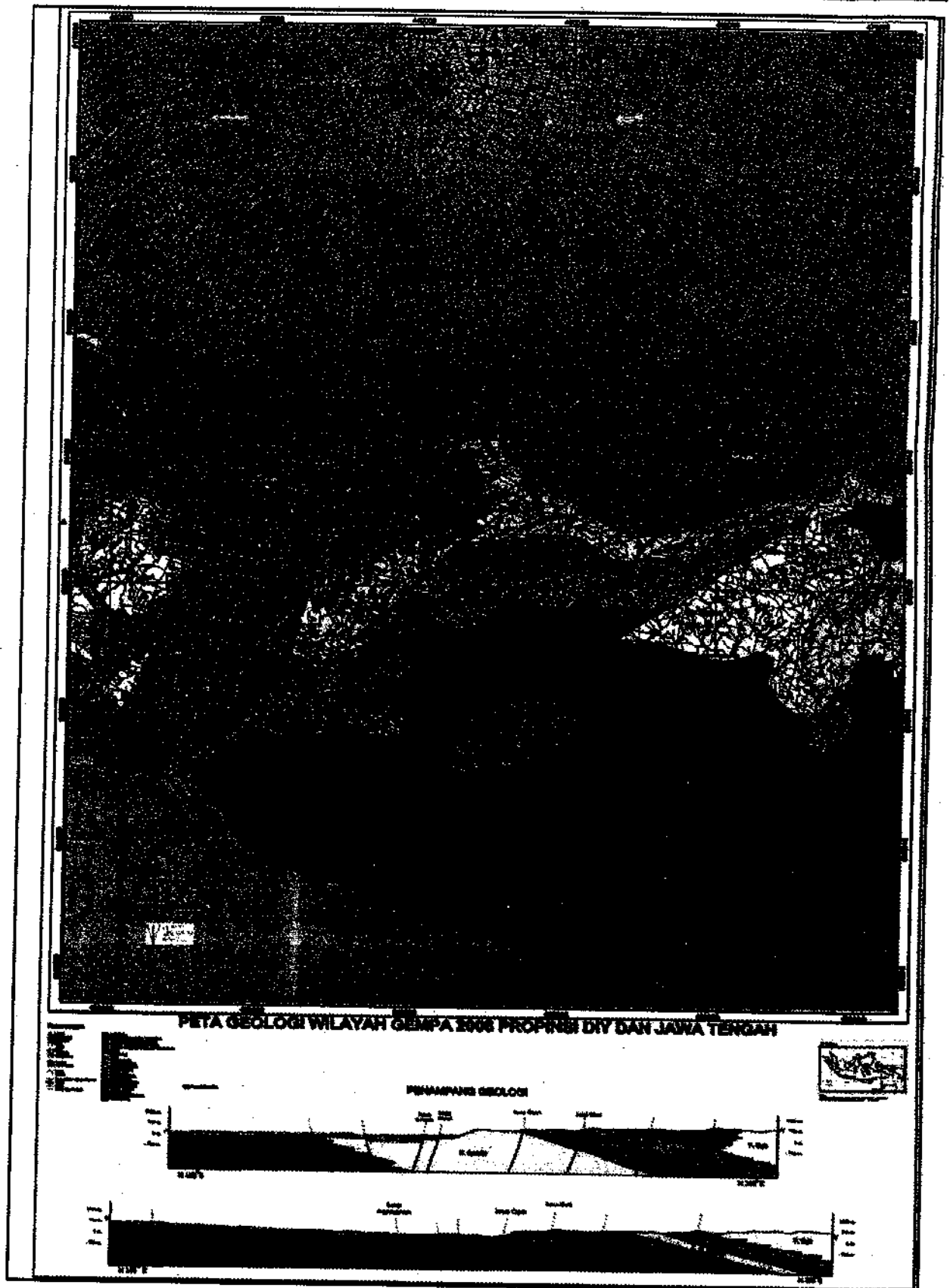
Semakin ke arah barat di sebelah barat Kota Wates, bentuklahan perbukitan akan berubah menjadi bentuklahan Pegunungan Kulonprogo. Batuannya terdiri dari batuan vulkanik tua (*Old Andesit Formation*). Menurut Van Bemmelen (1949), Pegunungan Kulonprogo memiliki ketinggian lebih dari 200 m di bagian selatan, tepatnya 4 km ke arah utara dari pantai atau muara Sungai Bogowonto, hingga mencapai ketinggian sekitar 1000 m dpal di bagian utara, dikenal dengan nama Pegunungan Menoreh.

Formasi andesit tua terdiri dari batuan beku, breksi andesit dan batu pasir vulkanik berumur *oligo-miosen*. Pegunungan vulkanik Kulonprogo mempunyai bentuk memanjang ke arah utara hingga mencapai panjang ± 25 km, lebar ± 10 km di sisi selatan dan ± 20 km di bagian utara, yang berbatasan dengan dataran rendah Borobudur.

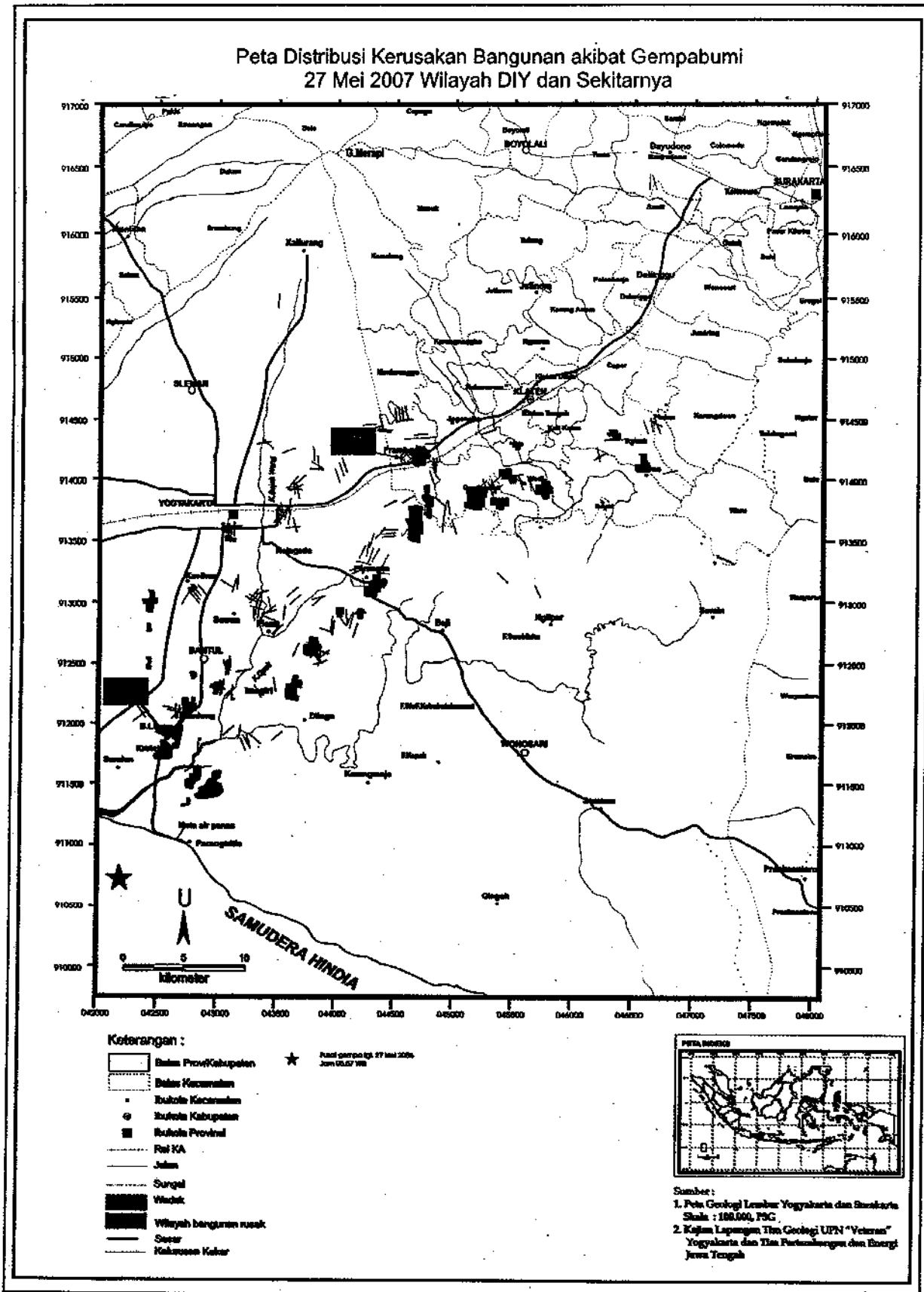
Proses geomorfologi yang terjadi di Pegunungan Kulonprogo adalah proses pelapukan, pelarutan, erosi serta gerakan massa tanah dan batuan, proses erosi terjadi pada lereng-lereng terjal. Pada beberapa tempat di kompleks Pegunungan Kulonprogo ditemukan sumber mata air pada ketinggian 300–800 m dpal. Mata air tersebut muncul diantara batas lapisan breksi andesit dengan batu gamping terumbu dari Formasi Jonggrangan, di lokasi munculnya beberapa sumber mata air, masyarakat banyak bermukim menempati lereng pegunungan, dengan pola penyebaran yang tidak beraturan. Disamping itu masyarakat juga bermukim di sekitar lembah aliran Sungai Tinalah, Sungai Kudu dan Sungai Serang karena di daerah tersebut kebutuhan akan air dan lahan tersedia untuk bercocok tanam.

4. Geologi Wilayah Gempa Tektonik 27 Mei 2006

Kondisi geologi di wilayah Yogyakarta bagian selatan berupa Pegunungan Selatan (Bemmelen, 1949). Batuannya terdi-



Gambar 4. Peta Geologi Wilayah Gempa 27 Mei 2006



Gambar 5. Peta Lokasi Rekahan dan Kerusakan Infrastruktur

ri dari batuan vulkanik dan batugamping berumur tersier (*oligosen-miosen* atas). Pegunungan Selatan tersebut memanjang dari wilayah Jawa Timur ke arah barat, kemudian terputus secara tiba-tiba oleh beberapa gawir sesar yang memanjang timurlaut-baratdaya di daerah sekitar Parangtritis sampai di selatan Prambanan sepanjang ± 35 km. Sedangkan arah barat Pegunungan Selatan mengalami penenggelaman di akhir jaman tersier, sehingga sebagian berada di bawah permukaan air laut. Kemudian di atasnya berkembang lingkungan lagoon, delta dan rawa, berdasarkan hasil analisis penulis dari beberapa data pengeboran yang dilakukan oleh Mc Donald (1978). Akhirnya endapan lagoon dan rawa tertutup oleh endapan fluvial vulkanik yang semua berumur kuarter.

Ke arah barat dataran Bantul berubah menjadi bentuk lahan perbukitan dan Pegunungan Kulonprogo, tersusun oleh batuan beku dan vulkanik dari Formasi Andesit Tua yang dilingkupi oleh batuan karbonat berumur *miosen-pliosen*. Ke arah utara zona Pegunungan Selatan dan Pegunungan Kulonprogo berubah menjadi zona depresi dengan dibatasi oleh beberapa gawir sesar memanjang timur-barat, mulai dari selatan daerah Bayat, Gantiwarno, dan Prambanan "Pegunungan Baturagung". Pada zona depresi atau zona Solo, di tengah-tengahnya muncul beberapa gunungapi muda kuarter,

diantaranya Gunungapi Merapi, Merbabu, Tidar, dan Sumbing. Gunungapi tersebut muncul melalui rekahan-rekahan batuan dasar berumur tersier maupun pra-tersier yang mengalami penenggelaman di akhir jaman tersier. Lambat laun gunungapi-gunungapi tersebut tumbuh menjadi besar dan material hasil aktivitasnya menutup zona depresi, membentuk busur atau jalur gunungapi muda seperti yang kita saksikan sekarang ini.

Dataran rendah di sebelah timur Yogyakarta sampai Klaten selatan meliputi daerah Prambanan selatan, Gantiwarno, Wedi, dan Kalasan, mempunyai batuan dasar yang terdiri dari batuan-batuan tersier. Batuan ini sama dengan batuan di Pegunungan Selatan yang mengalami penenggelaman di akhir jaman tersier. Pada awal kuarter, di daerah tersebut berkembang lingkungan lagoon, rawa, dan sungai-sungai berstadia tua (*bermeander*). Dengan semakin meluasnya endapan fluvio vulkanik hasil erupsi Gunungapi Merapi, lambat laun endapan-endapan vulkanik klastik tersebut akan menutupi endapan lagoon dan rawa dengan ketebalan mencapai puluhan meter. Sedangkan daerah yang terletak di ketinggian dan tidak tertutup endapan fluvio vulkanik, akan membentuk perbukitan terisolir, seperti Perbukitan Jiwo di daerah Bayat, Klaten maupun perbukitan-perbukitan di Selatan Prambanan.

5. Fenomena Akibat Gempa Tektonik 27 Mei 2006

Data tinjauan lapangan, daerah-daerah yang mengalami kerusakan besar akibat gempa 27 Mei 2006 baik yang berada di wilayah Kabupaten Bantul, Sleman, dan Klaten, menunjukkan bahwa kerusakan yang terjadi tidak merata di semua wilayah.

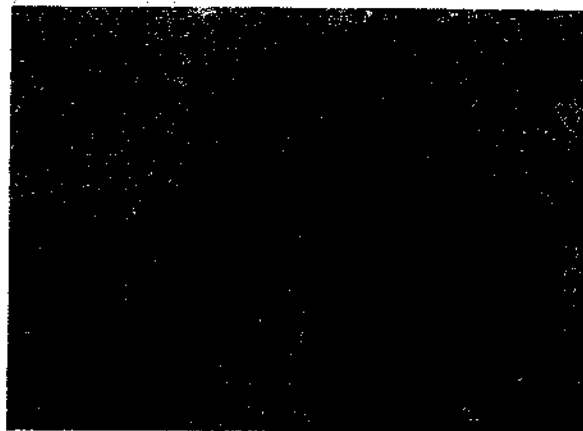
Kerusakan yang terjadi berupa zona-zona yang memanjang, kadang-kadang saling berpotongan dan mempunyai pola tertentu. Sebagai contoh, di wilayah Kabupaten Bantul, kerusakan hebat hanya terjadi di wilayah bagian timur, yakni meliputi Bambanglipuro, Pundong, Jetis, Sewon, Pleret, dan Piyungan, kemudian ke arah timurlaut menuju wilayah Klaten bagian selatan, yaitu Kecamatan Gantiwarno, Wedi, Bayat, Cawas, dan Prambanan bagian Selatan. Sedangkan wilayah Bantul bagian barat, tingkat kerusakan tidak terlalu parah. Pada wilayah-wilayah tersebut merenggut banyak korban jiwa, sebagian besar tertimpa oleh reruntuhan bangunan rumah yang rata dengan tanah. Sedangkan untuk daerah-daerah lain di sekitar yang kami sebutkan, tingkat kerusakan terjadi tidak merata. Kerusakan murni disebabkan oleh getaran gempa dan tidak disertai adanya rekahan-rekahan yang mencapai permukaan.

Fenomena lain yang perlu diperhatikan adalah terbentuknya rekahan-rekahan tanah dengan pola-pola tertentu yang terjadi pada

saat gempa. Rekahan tersebut mengeluarkan cairan berupa lumpur berbau belerang, sedangkan di beberapa tempat memancarkan air yang mengakibatkan genangan. Peristiwa ini menambah kekhawatiran warga sehingga menjadi semakin trauma. Fenomena rekahan di permukaan sangat menarik untuk dikaji, karena rekahan-rekahan yang mengeluarkan berbagai macam material berupa lumpur yang berbau belerang, pasir, dan air tanah. Material yang muncul dari rekahan tersebut akan mencerminkan kondisi struktur geologi dan lingkungan sedimentasi kuartar di bawah permukaan di wilayah tersebut.

5.1 Fenomena Rekahan Tanah dan Batuan (Kekar)

Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa terdapat tiga pola utama arah rekahan, yaitu arah timurlaut-baratdaya ($N25^{\circ}E - N40^{\circ}E$), arah barat-timur ($N80^{\circ}E - N94^{\circ}E$), dan arah utara-selatan ($N350^{\circ}E - N5^{\circ}E$). Selain ketiga pola tersebut, kadang dijumpai pula pola arah baratlaut-tenggara ($N120^{\circ}E - N135^{\circ}E$).

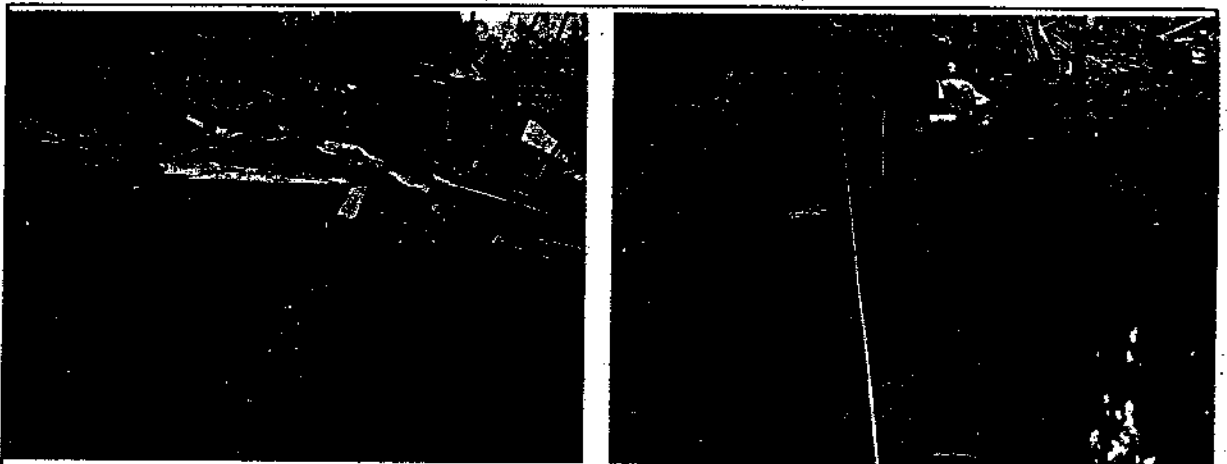


Gambar 6. Patahan pada batuan vulkanik tersier di Bukit Boyo, Kec. Gedangsari

Di wilayah Jawa Tengah Selatan, dari Prambanan ke arah Gantiwarno dan Wedi, rekahan mempunyai kecenderungan arah relatif barat-timur dengan kemiringan relatif vertikal. Beberapa lokasi di Prambanan selatan, terutama di sekitar Prambanan kota hingga Desa Kotesan banyak dijumpai rekahan-rekahan berarah relatif utara-selatan, terbuka selebar 0,5-3 cm dengan panjang bervariasi 2-6 meter. Arah ini menerus hingga Kecamatan Gantiwarno. Di Desa Taji, pola rekahan ini merusakkan rel kereta api membentuk zona sepanjang

menyemburkan air setinggi 0,5-4 meter serta mengeluarkan pasir.

Di wilayah Kecamatan Gantiwarno dan Wedi Kabupaten Klaten, rekahan-rekahan mempunyai arah yang sangat bervariasi. Rekahan paling banyak berarah relatif barat-timur, barat-laut-tenggara serta utara-timurlaut. Rekahan berarah utara-selatan jarang dijumpai. Rekahan di Kecamatan Gantiwarno relatif lebih lebar dibandingkan yang terlihat di Kecamatan Prambanan, yaitu berkisar 0,5-70 cm dengan panjang mulai dari 3 hingga 27 meter.



Gambar 7. Kenampakan retakan-retakan yang memotong tegak lurus jalan ($N83^{\circ}E$) dan sejajar jalan ($N132^{\circ}E$), di Desa Ngaliyan, Kec. Gantiwarno, Kab. Klaten. Di lokasi ini seluruh bangunan roboh.

kurang lebih 400 meter. Di Desa Pesangrahan dan di sekitar Pabrik Sari Husada, yang terletak di utara Desa Kotesan, memperlihatkan rekahan berarah timur-barat. Rekahan-rekahan tersebut mempunyai bukaan sekitar 0,5-1,5 cm, panjang 3-15 meter, dengan frekuensi kekar setiap 1-4 meter. Pada saat gempa terjadi beberapa rekahan

Di Desa Ngaliyan, beberapa rekahan yang berarah timur-barat dan sebagian utara-timurlaut, mengeluarkan air berbau belerang yang disertai lumpur. Sebagian besar bangunan rumah yang terletak pada jalur rekahan ini roboh total. Di Desa Mawen, rekahan ini menyebabkan jalan dan jembatan terputus dan bergeser hingga 50 cm.

Di Desa Sawit, rekahan-rekahan yang berarah barat-timur juga banyak merusak jalan dan bangunan.

Kecamatan Bayat, Cawas, dan Pedan Kabupaten Klaten juga tidak luput dari bencana gempabumi tektonik. Pada daerah tersebut, kerusakan parah terjadi di dataran rendah bekas rawa yang batuanannya bersifat lempungan. Sedangkan bangunan yang terletak di daerah Perbukitan Jiwo, tingkat kerusakannya relatif ringan. Beberapa rekahan juga dijumpai di daerah tersebut dengan memperlihatkan arah timurlaut-baratdaya serta arah timur-barat.

5.2 Fenomena Semburan Air Bercampur Lumpur dan Pasir (*liquefaction*)

Pengertian *liquefaction* secara umum didefinisikan sebagai penurunan besar-besaran secara mendadak dari resistensi geser (*sheering*) pada tanah yang tidak berkoheksi, karena runtuh atau hancurnya struktur yang disebabkan oleh tekanan atau benturan dan berasosiasi dengan peningkatan fluida pori-pori batuan cepat dan sesaat (Gary, *et al*:1972).

Dari data lapangan dan informasi penduduk, beberapa lokasi pada saat terjadinya gempa, terjadi rekahan yang kemudian memancarkan air yang dibarengi dengan keluarnya pasir maupun lumpur yang berbau belerang. Beberapa sumur juga memancarkan air, kemudian kering atau menjadi dangkal. Lokasi-lokasi yang telah teramati

diantaranya adalah Desa Maguwoharjo, Kecamatan Depok; Desa Sumberharjo, Kecamatan Prambanan; Desa Talang dan Kauman, Kecamatan Cawas, dan Desa Ngaliyan, Kecamatan Gantiwarno.

Fenomena *liquefaction* sebagian besar terdapat di bagian paling utara dari wilayah yang terkena dampak gempa dan keluar dari rekahan atau kekar yang sebagian besar berarah timur-barat. Hal ini menunjukkan adanya suatu dorongan yang kuat dari blok patahan dari arah selatan ke utara, sehingga batuan sedimen ataupun air pori dalam batuan di bagian utara yang dibatasi patahan barat-timur menjadi tertekan, terdesak dan terperas menyembur ke atas. Beberapa lokasi fenomena *liquefaction*, mengeluarkan air yang berbau belerang. Fenomena ini disebabkan karena pada lokasi tersebut dahulu merupakan lingkungan rawa atau bekas sungai mati, yang sekarang menjadi pemukiman atau lahan pertanian. Tumbuhan rawa yang tertimbun sedimen di atasnya akan membentuk gas-gas yang mengandung belerang. Di bawah ini beberapa fenomena *liquefaction* di beberapa lokasi.

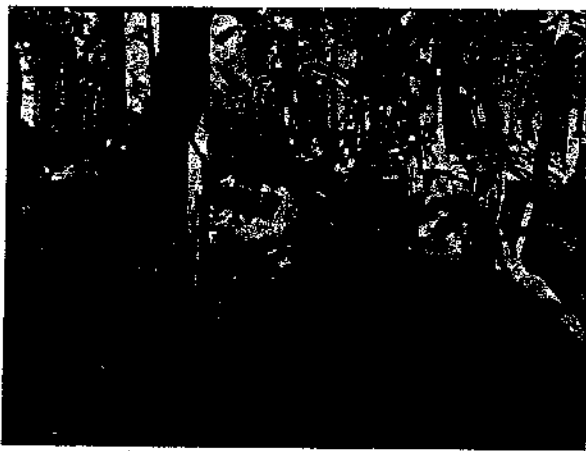
5.2.1 Desa Pesangrahan, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Klaten

Di jalan dan pekarangan, ditemukan sekitar 10 kekar/10 meter, 6 kekar dengan lebar 0,5 cm, dan panjang 3 meter, 4 kekar halus panjang 0,5 meter dengan kedudukan N80-85°E. Beberapa kekar mengeluarkan air

bercampur lumpur yang memancar ke atas. Di sekitar lokasi ini juga terdapat sumur yang memancarkan air setinggi ± 2 meter.

5.2.2 Desa Talang dan Kauman, Kecamatan Cawas, Kabupaten Klaten

Di salah satu pekarangan penduduk Desa Talang dan Kauman, Kecamatan Cawas (sebelah utara Perbukitan Jiwo Timur), ditemukan rekahan memanjang dengan arah timur-barat ($N93^\circ E$). Lebar



Gambar 8. Rekahan dan endapan pasir di Desa Talang dan Kauman, Kecamatan Cawas, Kabupaten Klaten

rekahan sekitar 15 cm, membentuk jalur yang menerus sekitar 1,5 km. Pada saat gempa, rekahan ini mengeluarkan air bercampur lumpur dan pasir sekitar 10 menit lamanya dan kemudian menggenangi kebun setinggi 10 cm.

Beberapa sumur penduduk mengalami pendangkalan. Sumur yang semula mempunyai kedalaman 4 meter, setelah gempa menjadi relatif dangkal sekitar 2 meter karena tertimbun endapan pasir.

5.2.3 Desa Ngaliyan, Kecamatan Gantiwarno, Kabupaten Klaten

Ditemukan beberapa rekahan dengan arah $N20^\circ E$ dan $N130^\circ E$ di jalan dan pekarangan. Keluar air lumpur setinggi 4 meter. Frekuensi keberadaan kekar sekitar 7 kekar/10,7 meter dan 2 kekar/7 meter; lebar 70 cm; dalam 150 cm; panjang 27 meter. Tembok irigasi putus dan sebelumnya juga telah sering rusak, menunjukkan patahan-patahan yang ada merupakan patahan aktif.

5.2.4 Desa Tegaljoli dan Gombang, Kecamatan Sawit, Kabupaten Boyolali

Di Dukuh Tegalmiring, Desa Tegaljoli, pada jalan dan persawahan banyak ditemukan rekahan-rekahan baru berarah utara-selatan ($N10^\circ E$ - $N15^\circ E$) dan baratlaut-tenggara ($N120^\circ E$). Rekahan-rekahan tersebut mengeluarkan air selama sekitar kurang lebih 10 menit setelah terjadi gempa. Sedangkan di Desa Gombang ditemui fenomena baru pasca gempa, yaitu terbentuknya mata air baru di tengah persawahan serta rekahan yang menyemburkan air dan pasir di tengah jalan. Arah rekahan ini relatif sama dengan yang terbentuk di Desa Tegaljoli, yaitu berarah utara-selatan ($N15^\circ E$ - $N12^\circ E$) dan baratlaut-tenggara ($N122^\circ E$). Keluarnya mata air baru di Desa Gombang, disamping dikontrol oleh keberadaan kekar, juga disebabkan oleh faktor lokasi, dimana desa ini menempati bentuklahan sungai purba.

5.3 Fenomena Gerakan Tanah

Gempa Tektonik 27 Mei 2006 mengakibatkan beberapa daerah mengalami gerakan tanah baik berupa amblesan, longsoran, dan lain-lain. Di wilayah Jawa Tengah gerakan tanah berskala besar tidak terjadi. Hal ini diakibatkan karena wilayah pegunungan yang terkena dampak gempa. masuk wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta.

Rekahan dan amblesan yang cukup besar terdapat di Dukuh Ngelepen, Desa Sumberharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman. Di lokasi ini terdapat kekar-kekar yang besar dan panjang, berupa longsoran, amblesan dan pergeseran.

Lereng yang berada di sekitar pemukiman longsor dan terbelah, lalu bergeser sekitar 30 meter dan membuka dengan kedalaman ± 8 meter, menghancurkan semua bangunan yang terdapat di atasnya. Akibat longsoran tersingkap batuan berupa batupasir, tuf, dan batu pasir tufan. Kekar umumnya berarah relatif utara-selatan ($N355^\circ E$) dengan jarak 0,5 meter. Panjang kekar ± 150 meter, di beberapa sisi membentuk breksiasi dengan lebar bukaan lebih dari 10 cm dan di beberapa tempat terjadi pembalikan massa tanah dan batuan yang terdorong longsoran. Terdapat juga kekar dengan arah ($N95^\circ E$) memotong terhadap kekar arah utara-selatan. Pada bagian atas lereng terdapat singkapan batuan berupa batupasir tufan dan tuf yang

mempunyai kedudukan ($N215^\circ E$) dengan kemiringan searah dengan lereng.

5.4 Fenomena Kerusakan Infrastruktur

Dampak yang paling parah yang diakibatkan oleh gempa, selain korban jiwa adalah banyaknya bangunan fisik yang mengalami kerusakan. Infrastruktur yang rusak diantaranya berupa bangunan rumah, gedung-gedung perkantoran dan sekolah, jalan, serta jembatan.

Di Kabupaten Klaten infrastruktur banyak mengalami kerusakan. Kecamatan yang mengalami kerusakan paling parah adalah Kecamatan Gantiwarno, Wedi, dan Prambanan. Puluhan ribu rumah mengalami rusak berat hingga rata dengan tanah. Kecamatan lain yang juga mengalami kerusakan adalah Ceper, Cawas, Jatinom, Trucuk, dan Karangdowo.

Hampir semua daerah yang mengalami kerusakan bangunan juga banyak ditemukan rekahan tanah/batuan di sekitarnya. Hal ini tentunya memberikan bukti bahwa ada keterkaitan antara kerusakan bangunan dengan keberadaan kekar. Apabila ada daerah yang banyak ditemukan kekar namun tidak terdapat bangunan yang rusak tentunya dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah bangunan masih baru dan struktur bangunan cukup baik dan kuat. Namun ada daerah yang mengalami kerusakan tetapi tidak ditemukan adanya kekar, getaran gempa 5,9 Skala Richter

sudah cukup untuk merobohkan rumah-rumah yang sudah tua maupun bangunan yang tidak memiliki konstruksi yang baik.

Kerusakan infrastruktur yang terjadi dari Klaten hingga Yogyakarta membentuk pola tersendiri, dari Bantul sampai Klaten membentuk arah timurlaut, sedangkan pola yang lain yaitu arah utara.

6. Diskusi Pemicu Terjadinya Gempabumi dan Kerusakan Hebat 27 Mei 2006

Gempabumi yang terjadi pada tanggal 27 Mei 2006 pukul 05.54 WIB berkekuatan 5,9 Skala Richter dengan pusat gempa pada $8.26^{\circ}\text{LS}-110.31^{\circ}\text{BT}$ dengan kedalaman 33 km dari dasar laut. Berdasarkan informasi Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG), pusat gempabumi nasional, gempa tersebut merupakan gempa tektonik yang berukuran sedang bila dikonversikan ke skala MMI (*Modified Mercally Intensity*) berskala VI-VII. Yang menjadi permasalahan yakni bagaimana gempabumi berukuran sedang dapat mengakibatkan kehancuran yang begitu hebat, sedangkan gempa tektonik sejenis yang berukuran lebih besar dari 7 Skala Richter di masa lalu (1937,1943) tingkat kehancurannya tidak sebesar yang terjadi pada tanggal 27 Mei 2006.

Berdasarkan tinjauan geologi tentang terjadinya gempa tektonik di busur Kepulauan Sumatera, Jawa, dan Nusa Tenggara

dengan kekuatan lebih dari 7,5 Skala Richter, diakibatkan lepasnya energi dari gaya tegangan, akibat tumbukan dua lempeng tektonik, yakni lempeng Hindia-Australia yang bergerak ke arah utara menumbuk dan menunjam di bawah lempeng Eurasia di bagian tenggara. Dengan pusat gempa yang dalamnya hanya beberapa kilometer di bawah dasar laut di dekat jalur palungan, sampai beberapa puluh kilometer sampai ratusan kilometer di bawah kerak benua, seiring dengan besarnya sudut kemiringan menyusupnya lempeng Samudra Hindia-Australia di bawah kerak Benua Eurasia "*benioff zone*" (Hammilton, 1978). Peristiwa gempa tektonik 27 Mei 2006, pusat gempanya sangat dangkal ± 17 kilometer, posisinya dibawah muara sungai Opak dan tepat berada di depan struktur sesar yang memanjang dengan arah timurlaut-baratdaya, memotong Pegunungan Selatan di daerah sekitar Parangtritis sampai selatan Prambanan dan di daerah Klaten bagian selatan. Penulis menduga bahwa terjadinya gempa tektonik tersebut, diakibatkan oleh lemahnya tahanan geser antar blok sesar, sebagai akibat makin meningkatnya gaya kompresi yang diakibatkan oleh aktivitas tumbukan dua lempeng tektonik. Gaya kompresi tersebut kekuatannya telah melampaui tahanan geser antar blok sesar, kejadian tersebut akan mengakibatkan gempa tektonik dangkal. Sehingga energi

yang dilepaskan akan berupa gelombang getaran hebat, yang sebagian besar energi langsung tersalur melalui jalur-jalur sesar yang sudah terbentuk lama pada batuan tersier. Gelombang energi gempa tersebut kemudian dilepaskan dipenghujung struktur-struktur sesar yang kebetulan berada di wilayah Klaten bagian selatan, meliputi daerah Prambanan bagian timur, Gantiwarno, Wedi, Bayat, dan Cawas.

Akibatnya kerusakan hebat terjadi di area sekitar jalur-jalur sesar yang sudah terbentuk pada akhir jaman tersier. Sebagian ahli menganggap jalur sesar tersebut sudah tidak aktif lagi. Dengan adanya gempa tektonik yang pusatnya tepat di depan jalur sesar, menjadikan energi yang dilepaskan akan tersalur melalui sesar-sesar tersebut dan terangsang kembali menjadi sesar aktif. Fatalnya, pelepasan energi berupa gelombang getaran yang sangat kuat terjadi di wilayah sekitar Kecamatan Prambanan bagian timur, Gantiwarno, Wedi, Bayat, dan Cawas. Besarnya pelepasan energi di daerah tersebut mengakibatkan struktur-struktur sesar yang telah terbentuk di batuan dasar (*basement*) terangsang menjadi aktif kembali, menekan, dan mengoyak batuan sedimen kuarter yang ada di atasnya.

Kuatnya proses tersebut sampai membentuk rekahan-rekahan di permukaan dengan pola keberaturan. Pola ini sangat dipengaruhi oleh arah pergeseran dari sesar-

sesar utama. Kuatnya tekanan dan goncangan mengakibatkan sebagian isi dari sedimen-sedimen kuarter di atasnya terperas keluar, berupa endapan lumpur berbau belerang dan pancaran air tanah yang sangat keruh, terjadi saat aktifitas gempa tektonik berlangsung.

7. Kesimpulan

Gempa tektonik yang terjadi pada tanggal 27 Mei 2006 pagi, sumber gempanya bukan berasal dari hasil pelepasan energi akibat tumbukan dan menyusupnya lempeng Samudra Hindia Australia terhadap lempeng Benua Eurasia, akan tetapi pusat gempa berada di bagian tengah dari kerak busur kepulauan (P. Jawa bagian tengah), merupakan gempa dangkal yang letak sumbernya berada di atas zona gempa miring "*Benioff zone*".

Gempa tektonik terjadi akibat tahanan geser antar blok sesar terlampaui oleh gaya kompresi yang semakin meningkat. Kompresi berasal dari tumbukan dua lempeng tektonik (lempeng Samudra Hindia-Australia dengan lempeng Benua Eurasia). Akibatnya, blok-blok sesar pada batuan tersier yang sudah lama terbentuk, menjadi aktif kembali, saling menekan, dan bergeser.

Kuatnya tekanan antara blok sesar akibat pelepasan energi, mengakibatkan terjadinya berbagai fenomena geologi pada sedimen kuarter yang berada di atasnya. Sedi-

men tersebut ikut terperas dan terekahkan. Sebagian sedimen tersebut terekspresi sampai di permukaan berupa rekahan-rekahan dengan pola timurlaut-baratdaya, timur-barat, utara-selatan, dan baratlaut-tenggara,

yang diikuti oleh fenomena semburan air tanah bercampur lumpur dan pasir dan terkadang berbau gas belerang, tergantung dari lingkungan sedimentasi kuartar saat itu.

Fenomena kerusakan hebat terjadi pada areal pemukiman dan bangunan infrastruktur, dimana bangunan terletak di jalur-jalur sesar atau dibangun diatas sediment kuartar yang ikut mengalami pensesaran.

8. Saran

Sangat diperlukan data dasar berupa Peta Geomorfologi, Peta Geologi, dan neotektonik, untuk analisa pembuatan peta zonasi kerentanan terhadap bencana gempabumi tektonik dan tsunami.

Untuk menghadapi bencana gempa tektonik dan tsunami mendatang, diperlukan berbagai metode sosialisasi yang tepat, agar masyarakat menjadi siap mental, sehingga masyarakat menjadi paham dan menyadari kondisi tempat tinggalnya, berada di zona rawan bencana gempa tektonik dan tsunami.

Penting adanya Peraturan daerah yang mengikat, berkaitan dengan Izin Mendirikan Bangunan (IMB) dengan konstruksi tahan

gempa. Mengingat sebagian besar korban tertimpa reruntuhan bangunan yang belum memenuhi standar konstruksi tahan gempa.

Daftar Pustaka

- Bemmelen, R.W. Van, 1949, *The Geology of Indonesia*, Government Printing Office, The Hague, p732.
- Flint, R.F. and Skinner, B., 1988, *Physical Geology*, 2nd ed., John Wiley and Sons Inc.
- Gary, M., McAfee, R.Jr., and Wolf, C.L., 1972, *Glossary of Geology*, Washington DC: American Geological Institute,
- Hamilton, W, 1978, *Tectonic Map of The Indonesia Region*
- Katili, J.A., *Geologi*, Departemen Urusan Research Nasional, Djakarta
- Kertapati, E.K dkk, 1998, *Peta Seismotektonik Indonesia, Bandung*
- Pannekoek, A.J., 1949, *Outline of the Geomorfology of Java*, TAG
- Prager, E.J., William, S., Hutton, K., and Synolakis, C., 2006, *Bumi Murka, Sains dan Sifat gempa Bumi, Gunung Berapi dan Tsunami* (terjemahan dari *Furious Eart, The Science and Nature of Eartquakes, Volcanoes, and Tsunami*), Pakar Raya, Klaten
- Rahardjo dkk, 1995, *Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung
- Soehaimi dkk, 2006, *Gempabumi Tektonik Merusak*, Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Yogyakarta
- Surono dkk, 1992, *Geologi Lembar Surakarta-Giritontro Jawa*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung
- Unosat, 2006, *Preliminary Damage Assessment Java Earthquake 31 Mei 2006*