

LONGSORAN RAKSASA GUNUNG API MERAPI YOGYAKARTA – JAWA TENGAH GIGANTIC LANDSLIDES OF MERAPI VOLCANO, YOGYAKARTA – CENTRAL JAVA

Oleh:

Sutikno Bronto ¹⁾, Antonius Ratdomopurbo ¹⁾, Pudjo Asmoro ¹⁾, dan Malia Adityarani ²⁾

¹⁾Pusat Survei Geologi, Jln. Diponegoro 57 Bandung 40122

²⁾Alumnus Teknik Geologi, UGM Yogyakarta

E-mail: sbronto@grdc.esdm.go.id; sutiknobronto@gmail.com

Abstrak

Longsoran raksasa merupakan longsoran sangat besar kerucut gunung api komposit ke arah tertentu sehingga membentuk kawah bukaan tapal kuda, yang dihadapannya terlampar endapan berbentuk topografi gumuk. Penyelidikan lapangan di daerah Godean dan sekitarnya, Kabupaten Sleman Yogyakarta telah menemukan endapan longsoran raksasa dari G. Merapi, yang membentuk topografi gumuk di tepi utara perbukitan batuan gunung api purba Godean. Sebaran sisa endapan longsoran Merapi itu menutupi area berukuran 2 km x 2 km dan ketinggian gumuk kurang dari 30 m di atas dataran di sekitarnya. Endapan longsoran masih sangat lepas, berupa fasies bongkah berlapis, yang tersusun oleh endapan piroklastika, aliran lava dan endapan rombakan. Seluruh endapan mengalami frakturasi sangat kuat, membentuk rekahan gergaji dan sesar minor sebagai akibat gerakan longsor. Endapan longsoran ini dapat terawetkan karena membentur dan tertahan oleh perbukitan batuan Tersier Godean. Dari G. Merapi sampai Godean endapan longsoran itu bergerak sejauh 30 – 35 km dengan volume mencapai 10 km³ dan daerah terlanda mencapai 300 km². Ke arah selatan, material longsoran berubah menjadi aliran lahar, yang melanda daerah Bantul sampai di wilayah Pandak, berjarak 50 km dari G. Merapi. Di bagian barat lahar mengalir melalui K. Progo dan di sebelah timur mengikuti K. Bedog. Di bagian tengah endapan lahar tertahan oleh perbukitan batuan Formasi Sentolo sehingga menyisakan banyak bongkah besar andesit di wilayah Sedayu. Untuk mengantisipasi terulangnya bencana katastrofik longsoran G. Merapi pada masa mendatang diperlukan mitigasi yang lebih seksama.

Kata kunci: Godean, longsoran raksasa, lahar, Merapi, Yogyakarta

Abstract

Gigantic landslides are very large sectoral collapse of composite volcanic cones that form horse shoe-shaped craters facing hummocky topography of the deposits. In the Godean area, Sleman Regency Yogyakarta, the deposit of Merapi gigantic landslide has been found, forming hummocky topography in the north of Godean paleo volcanic rocks. The rest of Merapi landslide deposit covers an area 2 km x 2 km and the height of hummocks is less than 30 m above the surrounding plain. The deposit is very loose, as block phases composed of pyroclastics, lava flows and reworked deposits. All the deposits are highly fractured to form jigsaw cracks and small-scale fault displacement. Merapi gigantic landslide deposits is well preserved because it was blocked by preexisting topography of Tertiary Godean hills. Flow distance from Merapi to Godean is about 30 – 35 km, total volume of the deposit 10 km³ and covered an area of ca. 300 km². To the south, landslide material became laharic deposits which are extended in the Bantul area up to Pandak, that is 50 km away from Merapi Volcano. In the west part lahar flowed down through Progo River, whereas in the east following Bedog River. In the middle area, the lahar deposits were blocked by hills of Sentolo Formation, leaving some andesitic mega blocks in Sedayu area. In order to anticipate catastrophic disaster due to future Merapi gigantic landslides, more intensive mitigation efforts should be considered as a necessity.

Key words: Godean, gigantic landslide, lahar, Merapi, Yogyakarta

Pendahuluan

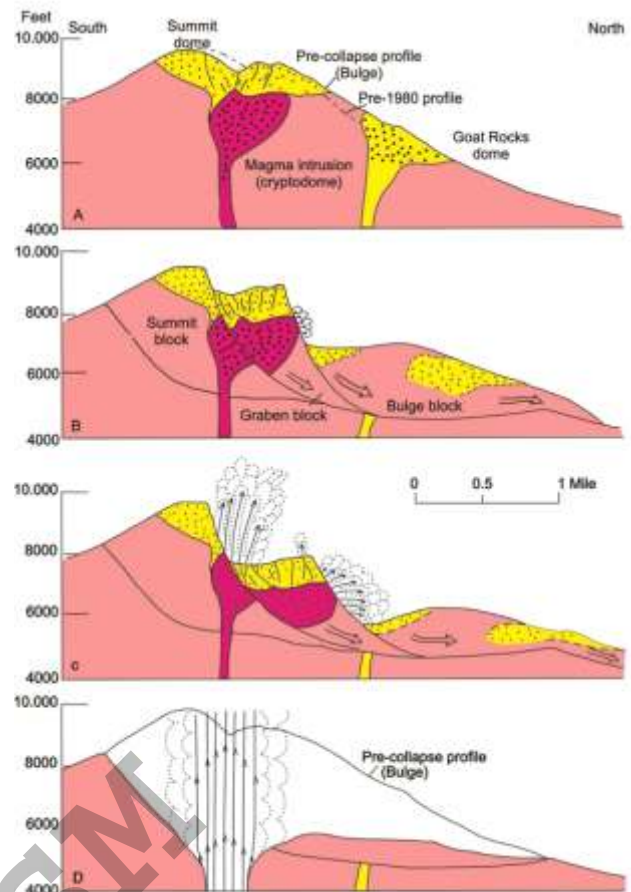
Kawah gunung api berbentuk tapal kuda (*horse shoe-shaped craters*) yang membuka ke arah tertentu dan di depannya terhampar perbukitan kecil yang membentuk topografi gumuk (*hummocky topography*) tersusun oleh endapan kataklastika

gunung api, merupakan ciri bentang alam yang terbentuk oleh longsoran tubuh kerucut gunung api. Bukit kecil atau gumuk mempunyai ragam ketinggian 10 hingga 100 m di atas dataran di sekelilingnya. Di antaranya sering dijumpai cekungan terisolir (*isolated depressions*). Dalam beberapa hal sumber longsoran yang semula berupa kawah tapal kuda tidak nampak lagi karena tertutup oleh kerucut

endapan gunung api yang lebih muda. Longsoran sangat besar ini dinamakan sebagai longsoran raksasa (*gigantic landslides*) karena melibatkan volume batuan serta tanah yang sangat besar ($> 0,1 \text{ km}^3$). Daerah yang terlanda juga sangat luas (puluhan hingga ratusan km^2). Para peneliti terdahulu memberikan nama longsoran gunung api seperti ini dengan berbagai istilah, misalnya *volcanic dry avalanches* (Ui, 1983), *rock slide avalanches* (Voight dr., 1981 ; Glicken, 1983), dan *volcanic debris avalanches* (Siebert, 1984). Dengan demikian longsoran gunung api dapat dinyatakan sebagai gerakan massa batuan dalam jumlah sangat besar dari tubuh kerucut gunung api melongsor ke kaki dan dataran di hadapannya.

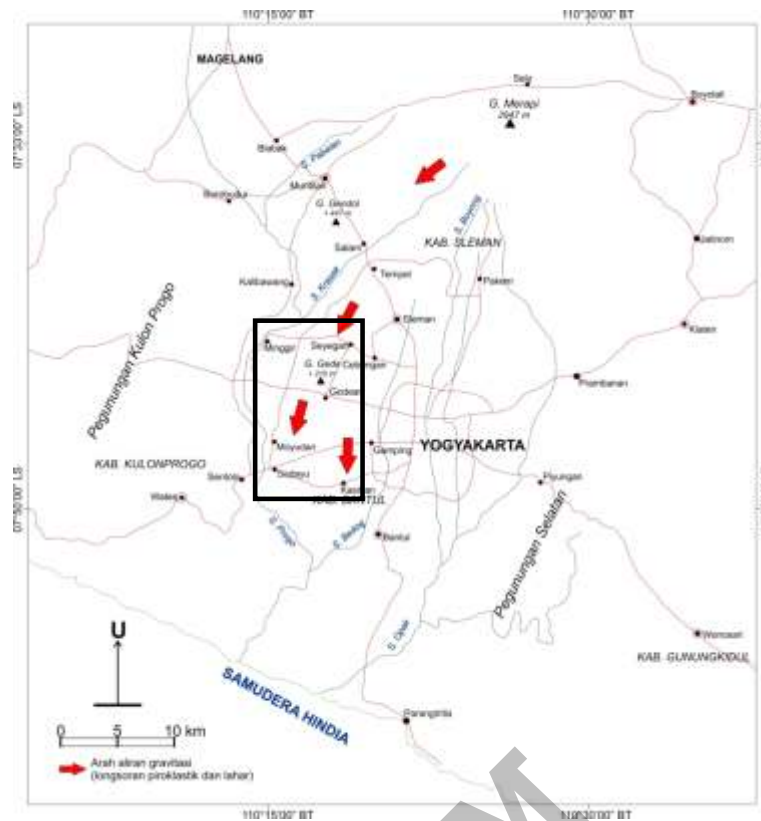
Di dunia, longsoran gunung api pada masa sejarah antara lain terjadi di Gunung api (G.) Unzen pada 1792, G. Bandai (1888), keduanya di Jepang, G. Bezymianny (1956) dan G. Shiveluch (1964) di Kamchatka Rusia, serta G. Augustine (1883) di Alaska Amerika Serikat (Siebert dr., 1987). Penelitian lebih lanjut terhadap endapan longsoran G. Bandai dilakukan antara lain oleh Nakamura dan Glicken (1997) dan Ui (1997). Di Jawa Barat Indonesia, longsoran G. Papandayan terjadi pada 1772 (Neumann van Padang, 1951). Longsoran gunung api pada masa pra-sejarah di Indonesia yang sangat terkenal adalah di G. Raung Jawa Timur (Neumann van Padang, 1939 ; Siebert dr., 1997) dan G. Galunggung Jawa Barat (Neumann van Padang, 1951 ; Bronto, 1989). Endapan longsoran G. Galunggung membentuk gumpuk sangat banyak, dikenal dengan nama Perbukitan Sepuluh Ribu Tasikmalaya (*The Ten Thousand Hills of Tasikmalaya*).

Pemahaman terhadap longsoran sangat besar tubuh kerucut gunung api ini semakin jelas bagi para ahli kebumih setelah terjadi longsoran yang disertai letusan Mount St. Helens pada 18 Mei 1980 di Amerika Serikat (Gambar 1). Berhubungan dengan adanya kubah lava di puncak Mount St. Helens, yang berfungsi sebagai sumbat, magma tidak mampu naik tegak ke atas tetapi menerobos ke samping sehingga terjadi penggembungan (*bulging*) pada lereng utara disertai pensesaran di daerah puncak. Tekanan magma secara miring yang sangat kuat dan beban massa batuan yang sangat berat menyebabkan terjadinya longsoran diikuti erupsi tegak dan mendatar. Berdasarkan pengalaman bekerja di daerah gunung api, Bronto (2001) telah melaporkan endapan longsoran gunung api di Indonesia.



Gambar 1. Proses pembentukan longsoran gunung api Mount St. Helens, di Amerika Serikat pada 18 Mei 1980 (Lipman dan Mullineaux, 1981), yang dijadikan acuan longsoran sebagian tubuh kerucut komposit gunung api yang disertai erupsi letusan.

Di G. Merapi Jawa Tengah, van Bemmelen (1949) menyatakan adanya longsoran ke arah barat pada 1006 M. Endapan longsoran tersebut membentuk perbukitan Gendol di wilayah Kecamatan Salam dan Muntilan, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah. Pendapat tersebut telah disangkal oleh Newhall dr. (2000) karena di perbukitan itu tidak ditemukan adanya ciri-ciri endapan longsoran, seperti halnya struktur rekahan gergaji (*jigsaw cracks*) dan di atas bukit terdapat situs candi Hindu, yang dibangun pada abad 7-8 M. Pentarikhkan dengan metoda K-Ar terhadap batuan perbukitan Gendol memberikan umur 3,4jtl. (juta tahun yang lalu, Newhall dr., 2000). Ini berarti batuan perbukitan Gendol berumur lebih tua daripada umur G. Merapi, yang kurang dari 100.000 tahun. Dibanding dengan umur batuan gunung api di Pegunungan Kulon Progo (12,6 - 29,63 jtl., Soeria-Atmadja dr., 1994 ; Ngkoimani, 2005; Permanadewi dr., 2008) batuan di perbukitan Gendol berumur jauh lebih muda.



Gambar 2. Peta lokasi daerah penelitian (kontak hitam), yang meliputi daerah Kabupaten Sleman dan Bantul, Yogyakarta.

Oleh sebab itu Bronto (2014) menyimpulkan bahwa perbukitan Gendol merupakan sisa gunung api purba setempat.

Permasalahan longsoran kerucut G. Merapi dimunculkan lagi karena ditemukan data baru di daerah Godean Kabupaten Sleman dan di selatannya di daerah Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Makalah ini disusun berdasar hasil pemeriksaan lapangan secara berkala pada tahun 2014. Daerah penelitian terletak di wilayah Godean dan sekitarnya, Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta (Gambar 2). Hasil sementara menunjukkan bahwa ke depan G. Merapi masih berpotensi longsor sehingga perlu perhatian lebih cermat, baik melalui penelitian lebih lanjut maupun pemantauan gunung api itu sendiri.

Tataan Geologi

Secara regional, geologi daerah Godean dan sekitarnya telah dilaporkan oleh Rahardjo dr. (2012) di dalam peta geologi lembar Yogyakarta. Batuan tertua dimasukkan ke dalam Formasi Nanggulan (Teon), yang berumur Eosen. Formasi ini terdiri atas

batupasir dengan sisipan lignit, napal pasiran, batulempung dengan kongkresi limonit, sisipan napal dan batugamping, batupasir dan tuf. Di atas Formasi Nanggulan diendapkan Formasi Kebobutak (Tmok), yang tersusun oleh breksi andesit, tuf, tuf lapili, aglomerat dan sisipan aliran lava andesit dan berumur Oligo-Miosen. Kedua satuan batuan tersebut kemudian diterobos oleh diorit (dr) dan andesit (a), yang berumur Miosen Bawah. Lebih ke selatan dari Godean, yakni di daerah Kabupaten Bantul, terdapat Formasi Sentolo (Tmps), yang terdiri atas batugamping dan batupasir napalan berumur Miosen – Pliosen. Vulkanisme Kuartar di daerah Yogyakarta membentuk Gunung api Merapi, yang materialnya dibagi menjadi Endapan Gunung api Merapi Tua (Qmo) dan Endapan Gunung api Merapi Muda (Qmi). Hanya Endapan Gunung api Merapi Muda yang sampai di daerah Godean dan Bantul.

Hasil Penelitian

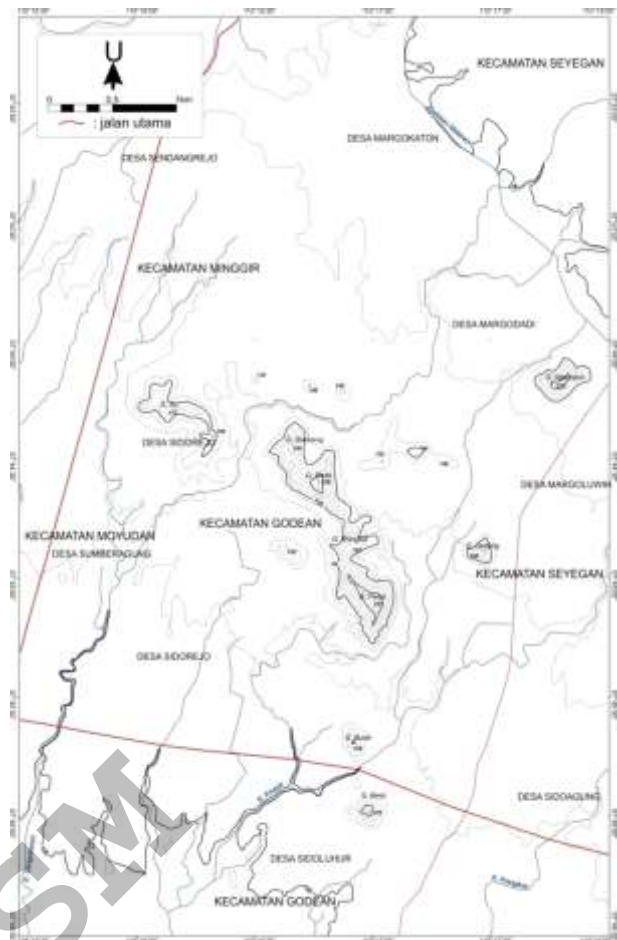
Mengacu tataan geologi tersebut di atas batuan di daerah Godean dan sekitarnya dibagi menjadi dua kelompok utama, yaitu 1. Batuan berumur Tersier dan 2. Endapan G. Merapi, yang berumur Kuartar.

Berdasarkan hasil penelitian, batuan Tersier di daerah Godean dihasilkan oleh kegiatan gunung api purba setempat, yang dinamakan Gunung api purba Godean. Di bawah ini dipaparkan bentang alam dan batuan hasil kegiatan Gunung api purba Godean dan G. Merapi. Endapan G. Merapi terdiri atas endapan longsoran dan endapan lahar.

Gunung Api Purba Godean

Sekitar 10 km di sebelah barat kota Yogyakarta terhampar dataran Godean dan sekitarnya, yang mempunyai ketinggian antara 100 m – 140 m di atas permukaan air laut. Di daerah dataran itu terdapat deretan perbukitan berarah utara – selatan, yakni Gunung Ngampon (+ 222 m), Gedang (+ 193 m), Gede (+ 218 m), Butak (+ 154 m), dan Gunung Berjo (+ 175 m) (Gambar 3). Pada bagian tengah, puncak-puncak bukit berderet dengan arah tenggara – barat laut, yang diberi nama Gunung Patuk (+ 231 m), Wungkal (+ 187 m), Gede (+ 218 m), dan Gunung Siwareng (+ 194 m). Agak terpisah di bagian barat terdapat Gunung So (+ 173 m), yang terletak di Desa Sidorejo, Kecamatan Godean. Gunung Ngampon, yang terletak paling utara dari perbukitan Godean, termasuk wilayah Desa Margodadi, Kecamatan Seyegan. Perbukitan tersebut sebagian tersusun oleh batuan beku terobosan dan sebagian lagi oleh batuan piroklastika. Pada umumnya batuan beku terobosan itu merupakan penyusun bukit-bukit yang lebih tinggi dibanding perbukitan yang tersusun oleh batuan piroklastika. Seluruh batuan penyusun perbukitan itu sudah mengalami pelapukan sangat lanjut menjadi tanah lempung dan tertutup oleh vegetasi lebat. Singkapan batuan segar hanya ditemukan pada lokasi penggalian tanah dan batu.

Batuan beku terobosan penyusun perbukitan Godean adalah andesit porfiri – diorit mikro, sebagian besar telah lapuk mengulit bawang (Gambar 4). Pelapukan lanjut batuan beku itu menjadi tanah lempung dimanfaatkan oleh penduduk setempat untuk pembuatan genting dan bata merah. Inti pelapukan kulit bawang berupa bongkah segar dari andesit porfiri – diorit mikro berukuran 0,5 m – 2 m, berbentuk membundar. Secara umum, batuan beku terobosan itu berwarna segar abu-abu sampai abu-abu kehijauan terkloritkan, bertekstur porfiri dan berstruktur pejal. Fenokris terdiri atas plagioklas berukuran 1 – 5 mm, kelimpahan 20 – 30 % dan piroksen berukuran 0,5 – 1 mm, kelimpahan 5 – 10



Gambar 3. Peta sebaran perbukitan di wilayah Godean dan sekitarnya, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Sumber: Peta rupabumi skala 1 : 25.000, lembar 1408-223 Yogyakarta dan lembar 1408-241 Sleman (Bakosurtanal).

%). Kedua fenokris itu tertanam di dalam massa dasar afanit. Andesit porfiri dan diorit mikro dengan massa dasar afanit tersebut, yang membentuk bukit-bukit terpisah mulai dari Gunung Ngampon di sebelah utara sampai dengan Gunung Berjo di bagian selatan, diyakini sebagai tubuh-tubuh batuan beku terobosan dangkal. Batuan tersebut merupakan hasil pembekuan magma di bawah gunung api pada masa lalu, atau lebih dikenal sebagai batuan semi gunung api (*subvolcanic intrusive rocks*, Bronto, 2013). Di bagian barat perbukitan Godean, batuan terobosan andesit porfiri (*diorit mikro*) tersingkap di Gunung So (+ 173 m), Dusun Celungan, Desa Sumberagung, Kecamatan Moyudan pada koordinat 07°44' 15,1" LS - 110°15'58,7" BT. Singkapan batuan itu berupa inti pelapukan berstruktur kulit bawang, berbentuk membulat, berukuran 1 – 3 m. Andesit porfiri segar berwarna abu-abu terang, bertekstur, berstruktur masif (pejal). Fenokris terdiri atas plagioklas (30 %),



Gambar 4. Kiri atas: G. Ngampon difoto dari selatan di jalan Godean – Seyegan, koordinat S 07°44' 33,8" - E 110°17'43,3", LP 17. Kanan atas singkapan batuan beku andesit di Dusun Ngampon, Desa Margodadi, Kecamatan Seyegan, Kabupaten Sleman Yogyakarta, koordinat S 07°44' 14,3" - E 110°17'47,3". Kiri bawah: Struktur mengulit bawang dari batuan beku. Kanan bawah: Close up batuan beku segar berwarna abu-abu tekstur porfiri.

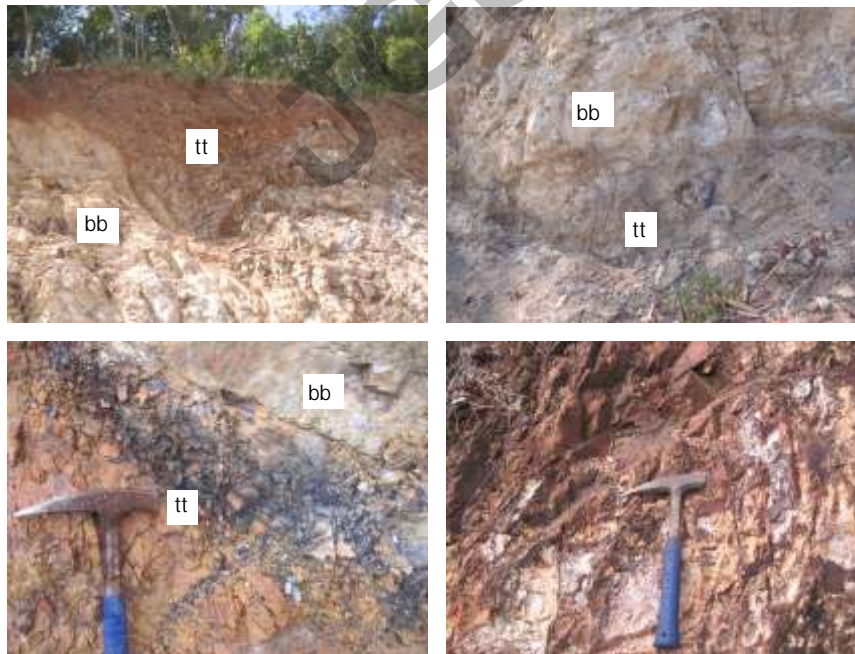
piroksen (10 %) dan hornblenda (1 %), berukuran 1 - 3 mm, tertanam di dalam massadasar afanit. Di dalam tubuh terobosan andesit porfiri ini ditemukan xenolit gelas gunung api dan fragmen andesit (5 %). Sebagian batuan terobosan sudah mengalami silisifikasi, kaolinitisasi dan limonitisasi, serta terbentuk urat-urat kuarsa.

Batuan gunung api terdiri atas breksi pumis dan tuf, yang diyakini sebagai batuan piroklastika, tersingkap di beberapa tempat (Gambar 5). Di bagian barat batuan piroklastika ini tersingkap di dua tempat di dekat Gunung So, yakni di Dusun Jering, Desa Sidorejo, Kecamatan Godean, koordinat 07°44'38,0" LS - 110°16'20,9" BT dan di Dusun Celungan, Desa Sumberagung, Kecamatan Moyudan, koordinat 07° 44' 45,4" LS - 110° 16' 09,6" BT. Di bagian timur batuan piroklastika itu juga tersingkap di Dusun Pendekan dan utara Dusun Kandangan, serta di kaki Gunung Gedang, Desa Margodadi, Kecamatan Seyegan, Kabupaten Sleman. Sedangkan di bagian selatan perbukitan Godean tuf dijumpai di Gunung Wungkal (koordinat 07°44'44,6" LS - 110°16'48,8" BT) dan bukit +

153 m (koordinat 07°44'54,1" LS - 110°16'44,4" BT), Dusun Mloyorejo dan Jomboran, Desa Sidorejo, Kecamatan Godean. Breksi pumis sangat didominasi oleh butiran pumis berbentuk menyudut, berukuran kerikil atau lapili sehingga secara genesis merupakan batuan piroklastika yang dinamakan batulapili pumis. Pada umumnya breksi pumis ini sudah lapuk berwarna putih, kuning coklat, dan yang sudah lapuk lanjut menjadi tanah berwarna coklat kemerahan. Di Dusun Pendekan sebelah barat, breksi pumis bagian bawah nampak masif, dengan tebal keseluruhan lebih kurang 20 m. Kadang-kadang di dalam breksi pumis dijumpai fragmen litik, berukuran butir rata-rata 1 – 3 cm, maksimum 10 cm, berbentuk sangat menyudut seperti ditemukan di Dusun Pendekan pada koordinat 07° 44'31,4" LS - 110° 17'02,5" BT. Fragmen litik itu berkomposisi andesit, berwarna abu-abu gelap, bertekstur gelas, afanit sampai porfiri halus, dan berstruktur pejal hingga berlubang halus. Pada bagian atas breksi pumis berselang-seling dengan tuf, dengan tebal perlapisan beragam antara 5 – 30 cm. Tuf terdiri atas tuf kasar (batupasir tuf) dan tuf halus berwarna merah ungu sedang yang agak lapuk berwarna merah coklat.



Gambar 5 Atas: Batulapili pumis di Dusun Jering, Desa Sidorejo, Kecamatan Godean, koordinat $07^{\circ}44'38,0''$ LS - $110^{\circ}16'20,9''$ BT (kiri) dan batu lapili pumis bercampur dengan fragmen litik andesit sangat menyudut (kanan) di Dusun Pendekan, Desa Margodadi, Kecamatan Seyegan, koordinat $07^{\circ}44'31,4''$ LS - $110^{\circ}17'02,5''$ BT. Bawah: Perlapisan batulapili pumis dan tuf di Dusun Celungan, Desa Sumberagung, Kecamatan Moyudan, koordinat $07^{\circ}44'45,4''$ LS - $110^{\circ}16'09,6''$ BT (kiri) dan tuf halus merah ungu di kaki Gunung Gedang, tenggara Dusun Kandangan, Desa Margodadi, Kecamatan Seyegan, koordinat $07^{\circ}44'56,4''$ LS - $110^{\circ}17'26,6''$ BT.



Gambar 6 Atas: Tuf tersilika (tt) menjadi batuan atap di atas batuan beku (bb) (kiri) dan xenolit tuf tersilika (tt) di dalam batuan beku (bb) (kanan), koordinat $07^{\circ}44'34,3''$ LS - $110^{\circ}16'45,7''$ BT. Bawah: Efek panggang tuf tersilika (hitam) pada kontak tuf tersilika (tt) dengan batuan beku (bb) (kiri, koordinat $07^{\circ}44'30,9''$ LS - $110^{\circ}16'46,7''$ BT) dan tuf mengalami silisifikasi, kaolinitisasi dan limonitisasi di tempat pemakaman umum Kabupaten Sleman, kaki timur Gunung Gede, koordinat $07^{\circ}44'48,4''$ LS - $110^{\circ}17'01,1''$ BT. Keempatnya terletak di lereng timurlaut Gunung Gede, Dusun Pendekan, Desa Margodadi, Kecamatan Seyegan.

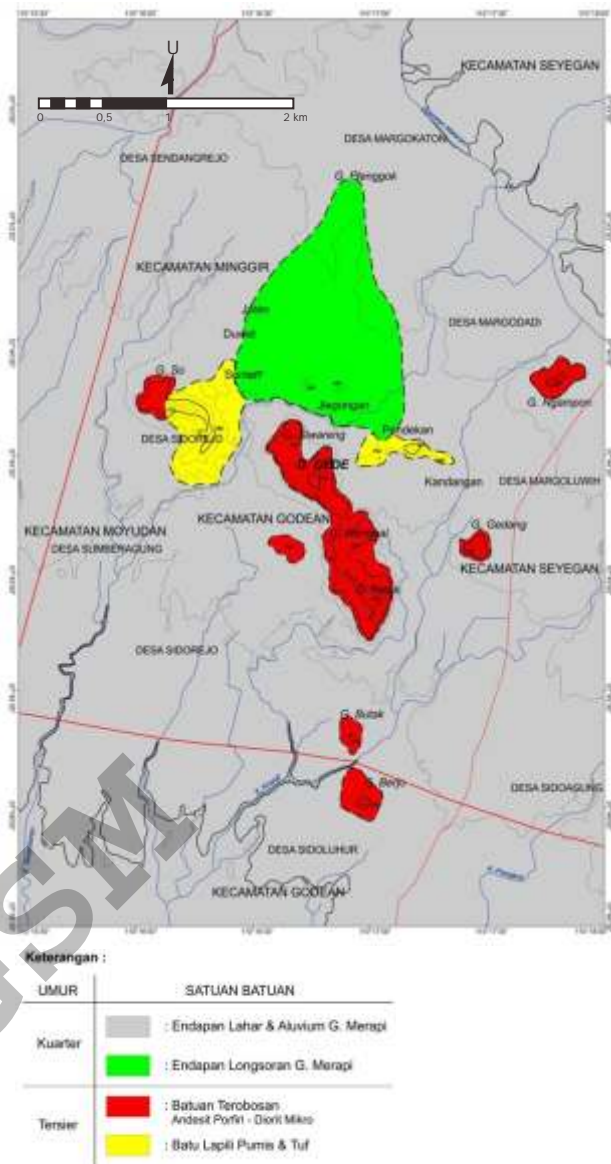
Pada lereng timur Gunung Gede tuf membentuk batuan atap (*roof pendant*) di atas batuan terobosan, dan sebagian masuk sebagai *xenolit* (Gambar 6). Di kaki timur Gunung Gede tuf kasar merah coklat yang diterobos oleh batuan beku menimbulkan efek panggang pada kontakannya, berwarna hitam dan bersusunan silika juga.

Dari uraian tersebut di atas maka batuan gunung api purba Godean terdiri atas batuan piroklastika yang diterobos oleh batuan beku terobosan. Batuan piroklastika terdiri atas batulapili pumis, tuf kasar dan tuf halus, yang sebagian sudah berubah utamanya menjadi tuf tersilika dan argilik. Batuan terobosan diduga membeku di dalam dapur magma atau kantong magma dari Gunung api purba Godean, sehingga dinamakan batuan terobosan semi gunung api. Berdasarkan penampakan fisik di lapangan diperkirakan paling tidak ada tiga tahap penerobosan. Batuan terobosan tertua keadaannya sudah berubah kuat dan menempati deretan Gunung Gede. Penerobosan kedua terjadi juga di Gunung Gede, yakni dengan tersingkapnya batuan terobosan basal, yang sudah tersilika sangat kuat. Penerobosan ketiga membentuk Gunung Berjo, Butak, Gedang, Ngampon, Gunung So dan Bukit + 153 m di sebelah selatan Gunung Gede. Magmatisme tahap ketiga ini diduga juga menerobos di Gunung Gede dan tersingkap di Dusun Kleben. Secara umum penerobosan magma pada tahap ketiga tersebut dicirikan oleh penampakan yang masih segar, sekalipun di dalam inti pelapukan mengulit bawang.

Struktur geologi berupa kekar, pada umumnya berarah Utara – Selatan ($N170^{\circ} - 180^{\circ}E$), dijumpai di Gunung Ngampon, Gede, Butak dan Gunung Berjo. Arah ini agaknya sesuai dengan bentuk sebaran perbukitan di daerah Godean dan sekitarnya. Pola umum kekar dan kemunculan batuan terobosan, yang berarah utara – selatan, mungkin dikontrol oleh sistem sesar normal di dalam *graben* Bantul-Yogyakarta (Barianto, 2009). Gambar 7 menyajikan peta sebaran batuan di daerah Godean dan sekitarnya.

Endapan Longsor Raksasa G. Merapi

Dari hasil penelitian ditemukan tanda-tanda longsor raksasa G. Merapi di daerah Godean, Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Sebagian endapan longsor tersebut terangkut menjadi lahar, yang tersingkap di daerah Kabupaten Bantul dan tepi barat Kali Progo, Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta. Di tepi utara perbukitan Godean terdapat sebaran gumuk



Gambar 7 Peta sebaran batuan Tersier Godean dan batuan Kuartar dari G. Merapi di daerah Godean dan sekitarnya, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

(*hummocky topography*), yang lebih rendah dengan rata-rata ketinggian antara 142 – 146 m di atas permukaan air laut, tetapi kurang dari 30 m terhadap dataran di sekitarnya. Di bagian timur topografi gumuk berada di utara Gunung Gede, sedangkan di sebelah barat terletak di utara Gunung So (Gambar 8). Gunung Gede dan Gunung So merupakan bagian dari batuan gunung api purba Godean yang berumur Tersier dan sudah lapuk lanjut. Sebaran gumuk itu dari timur ke barat dimulai dari Dusun Pendekan dan Jlegongan, Desa Margodadi, Kecamatan Seyegan sampai Dusun Duwet, Jaten, dan Sunten Desa Sendangrejo, Kecamatan Minggir, berjarak lebih



Gambar 8 Sebaran bukit-bukit kecil (*hummocky topography*) yang tersusun oleh endapan longsoran Gunung api Merapi di sebelah utara bukit-bukit sisa Gunung api purba Godean (G. Gede dan G. So). Atas: bukit kecil di sebelah timur Dusun Jlegongan (kiri) dan bukit (Bt.) Jlegongan (+ 145 m, kanan) di sebelah utara Gunung (G.) Gede. Kiri bawah: Bt. Sunten (+ 143 m) di sebelah utara G. So, koordinat $7^{\circ} 44'10,7''$ LS - $110^{\circ} 16'38,0''$ BT. Kanan bawah: Sebaran bukit-bukit kecil (*hummocky topography*) mulai dari bukit (Bt.) Jlegongan (titik + 145 m) sampai dengan Bt. Planggok, difoto dari lereng utara Gunung (G.) Gede, koordinat $7^{\circ} 44'34,7''$ LS - $110^{\circ} 16'45,1''$ BT, kamera menghadap ke utara.

kurang 2 km. Ke arah utara sebaran gumuk masih dapat diikuti sampai Dusun Planggok, Desa Margokaton, Kecamatan Seyegan, juga sepanjang lebih kurang 2 km.

Pada umumnya di permukaan gumuk material berbutir halus sudah lapuk menjadi tubuh tanah, tetapi bongkah andesit dan bom skoria masih segar dan tersebar secara acak (Gambar 9 dan 10). Pada puncak gumuk di Dusun Duwet terdapat artefak berupa yoni. Ini membuktikan bahwa abad 7-8 M daerah itu telah dihuni oleh masyarakat beragama Hindu. Endapan klastika gunung api yang masih segar dijumpai pada lokasi penggalian di Dusun Duwet dan Dusun Pendekan. Khusus di Dusun Pendekan bentuk bentang alam gumuk memanjang berarah utara timurlaut – selatan baratdaya menempati ruang di antara gumuk batuan yang lebih tua yang berarah barat – timur, dari Dusun Pendekan sampai dengan Kandangan.

Di Dusun Pendekan, Desa Margodadi, Kecamatan Seyegan endapan longsoran Gunung api Merapi, masih memperlihatkan struktur perlapisan (*intact strata*) endapan klastika gunung api (Gambar 11). Di dalam perlapisan endapan tersebut ada endapan piroklastika, endapan rombakan dan aliran lava yang

mengalami frakturasi sangat kuat, berukuran butir halus (abu) sampai kasar (bongkah); sering ditemukan struktur rekahan gergaji (*jigsaw cracks*) dan sesar minor. Endapan piroklastika dicirikan oleh adanya bom gunung api dan skoria di dalam matriks abu dan lapili gunung api dengan pemilahan buruk. Endapan rombakan berbutir kasar mengandung bongkah-bongkah membundar sebagai akibat terabrasi selama pengangkutan dan yang berbutir halus membentuk struktur perlapisan tidak menerus. Endapan rombakan tersebut diperkirakan sebagai endapan sungai pada lereng bawah atau kaki gunung api sebelum mengalami perpindahan tempat sebagai akibat gerakan longsoran. Aliran lava sudah berbentuk bongkah-bongkah besar berkomposisi andesit, berukuran 1 – 2 m.

Endapan longsoran G. Merapi tersebut dapat terkonservasi dengan baik karena membentur dan tertahan kemudian mengendap pada lereng dan kaki perbukitan Gunung api purba Godean bagian utara. Secara umum gerakan aliran gravitasi longsoran batuan gunung api dari utara ini ditunjukkan oleh bentuk topografi gumuk berarah utara – selatan mulai dari Dusun Planggok sampai Dusun Jlegongan.



Gambar 9 Kiri atas: tanah permukaan yang sudah lapuk berwarna coklat – coklat hitam dan digali untuk bahan genting/bata merah. Kanan atas: Bagian bawah tubuh tanah mengandung bom kerak roti dan blok gunung api yang masih segar dan berstruktur skoria. Bawah: singkapan batuan yang matriksnya agak lapuk namun fragmennya relatif masih segar. Lokasi bukit + 145, Dusun Jlegong, Desa Margodadi, Kecamatan Seyegan, koordinat $07^{\circ}44'13,3''$ LS - $110^{\circ}16'52,0''$ BT.



Gambar 10 Kiri: Bongkah andesit sangat besar, berukuran 8 m di dekat patok titik ketinggian bukit + 145 m, koordinat $07^{\circ}44'11,3''$ LS - $110^{\circ}16'52,4''$ BT, Dusun Jlegongan, Desa Margodadi, Kecamatan Seyegan. Kanan atas: Singkapan endapan longsor Gunung api Merapi mengandung bongkah sangat meruncing, Dusun Sunten, Desa Sendangrejo, Kecamatan Minggir, koordinat $7^{\circ}44'05,1''$ LS - $110^{\circ}16'34,1''$ BT. Kanan bawah: bongkah andesit berdiameter 4,5 m di puncak gumuk, Dusun Jaten, Desa Sendangrejo, Kecamatan Minggir, koordinat $7^{\circ}43'56,1''$ LS - $110^{\circ}16'28,9''$ BT.

Secara lokal gerakan aliran juga ditunjukkan oleh bentuk memanjang gumuk Pendekan, yang berarah utara timurlaut – selatan baratdaya kemudian masuk dan berhenti di antara deretan bukit kecil batuan Gunung api purba Godean. Deretan bukit kecil batuan yang lebih tua itu berarah barat – timur, mulai dari Dusun Pendekan sampai dengan titik ketinggian + 161 m dan + 149 m di baratlaut dan utara Dusun Kandangan. Struktur sesar minor di dalam endapan longsor, yang berarah N295°E/70° (Gambar 11), juga mendukung adanya gaya gerakan dari Utara-Timurlaut. Pada saat terjadi longsor dengan gaya dorong yang sangat kuat dapat menimbulkan sesar naik dengan jurus tegak lurus arah gaya. Sebaliknya, jika aliran sudah berhenti dan batuan mengalami pemadatan, gaya menurun bahkan berbalik arah, bisa terjadi sesar normal dengan jurus berarah NNW-SSE. Dengan demikian aliran endapan longsor G. Merapi itu seakan memotong tegak lurus terhadap deretan bukit kecil, yang berarah barat – timur. Gambar 7 memperlihatkan sebaran endapan longsor G. Merapi di daerah Godean dan sekitarnya, Kabupaten

Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Di sebelah barat dan timur perbukitan Godean tidak dijumpai endapan longsor gunung api, demikian pula di sebelah utara Dusun Planggok. Hal itu karena tidak ada tinggian batuan tua sebagai penahan, sehingga endapan longsor gunung api yang masih berupa bahan lepas sudah terkikis menjadi lahar.

Endapan lahar

Endapan lahar dijumpai di Dusun Nglahar, Desa Sumbersari, Kecamatan Moyudan, Kabupaten Sleman, Yogyakarta, koordinat 07°47'13,7" LS - 110°16'01,4" BT (Gambar 12 atas). Diduga, nama dusun itu dilandasi pemahaman bahwa daerah ini pernah terlanda lahar. Dusun ini terletak 3 km di selatan agak ke barat dari Godean di daerah aliran Kali Blendung. Kali Blendung merupakan hilirnya Kali Krusuk yang melalui daerah Godean. Singkapan endapan lahar terdapat di dasar aliran Kali Blendung dan di tepi selatan Dusun Nglahar. Pada lokasi kedua itu endapan lahar berada di saluran air dengan tebal



Gambar 11 Kiri atas: Singkapan endapan longsor Gunung api Merapi, yang memperlihatkan perlapisan, di Dusun Pendekan, Desa Margodadi, Kecamatan Seyegan, koordinat 07°44'20,2" LS - 110°17'06,4" BT. Di dalam perlapisan itu terdapat endapan piroklastika (kanan atas) dan endapan rombakan (kiri bawah). Endapan piroklastika dicirikan dengan adanya bom gunung api. Endapan rombakan ditandai oleh fragmen berbentuk meruncing tanggung-membundar tanggung, kemas tertutup ditindih endapan berbutir lebih halus berlapis tidak menerus, yang diduga sebagai endapan sungai (*fluvium*) di kaki G. Merapi sebelum dilongsorkan. Kanan bawah: Sesar minor di dalam endapan longsor berkedudukan N295°E/70°.



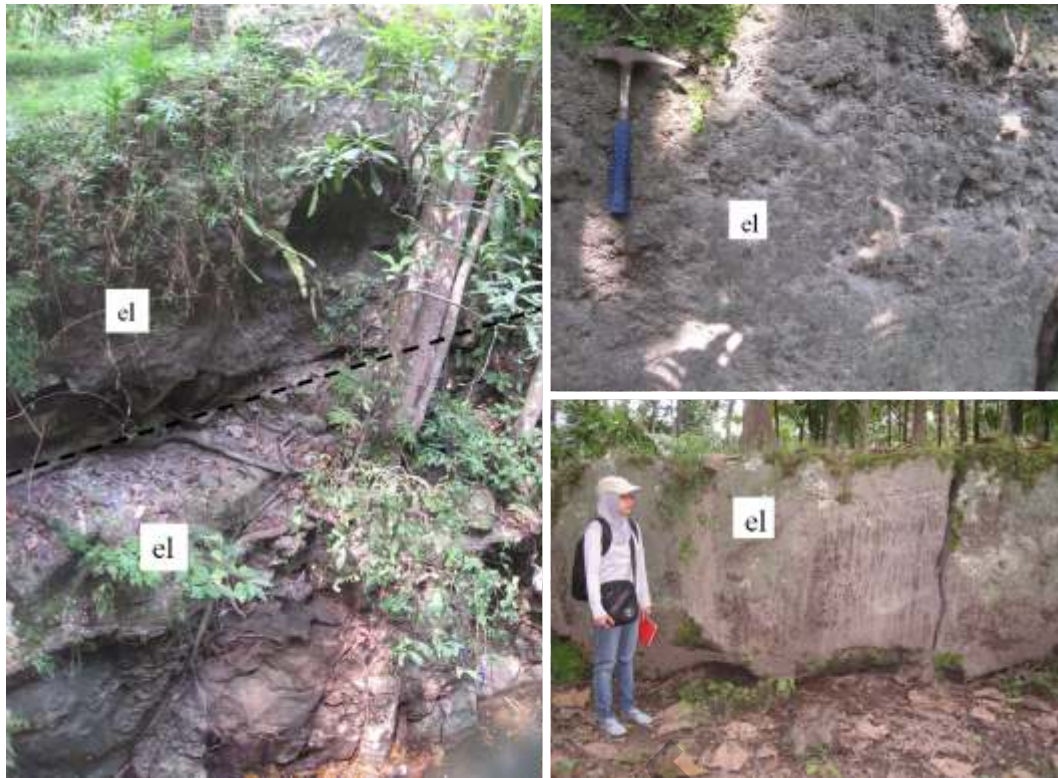
Gambar 12 Atas: Dusun Nglahar (kiri) diduga sebagai asal-mula nama lahar karena pernah terlanda lahar pada masa lalu dan sekarang masih ada endapannya (kanan) Lokasi di Dusun Nglahar, Desa Sumbergari, Kecamatan Moyudan, Kabupaten Sleman, Yogyakarta, koordinat $07^{\circ}47'13,7''$ LS - $110^{\circ}16'01,4''$ BT. Bawah: Bongkah andesit, yang merupakan sisa endapan lahar Gunung api Merapi di tepi barat Dusun Bobosan, Desa Argomulyo, Kecamatan Sedayu, Kabupaten Bantul, koordinat $07^{\circ}47'57,4''$ LS - $110^{\circ}16'22,0''$ BT.

singkapan 1 – 2 m berwarna coklat lapuk. Fragmen lahar bersusunan andesit, meruncing tanggung – membundar tanggung, berukuran butir rata-rata 10 – 15 cm, maksimum 60 cm tertanam di dalam matriks berbutir pasir-kerikil agak padu.

Di sebelah selatan Kecamatan Godean dan Kecamatan Moyudan, Kabupaten Sleman, yang berjarak 4 – 5 km, yakni di wilayah Desa Argomulyo, Kecamatan Sedayu, Kabupaten Bantul, dijumpai banyak bongkah besar batuan beku andesit, yang terletak di bagian utara dan menindih batuan Formasi Sentolo (Rahardjo dr., 2012). Ke arah selatan dari daerah ini Formasi Sentolo membentuk bentang alam perbukitan. Bongkah besar andesit itu tersebar di Dusun Rewulu, Watu, Panggang dan Dusun Sengon Madinan (Gambar 12 bawah). Batas barat sebaran bongkah besar andesit itu terletak di Desa Argosari, koordinat $07^{\circ}48'07,4''$ LS - $110^{\circ}15'33,9''$ BT dan batas timur berada di Dusun Watu, koordinat $07^{\circ}48'01,9''$ LS - $110^{\circ}17'05,8''$ BT. Kedua lokasi tersebut berjarak lebih kurang 3 – 4 km. Berdasarkan informasi dari penduduk setempat dahulu daerah ini dinamakan Desa Watu, sebelum menjadi bagian dari

Desa Argomulyo. Penamaan Desa Watu agaknya didasarkan oleh banyaknya sebaran bongkah batu di daerah itu, karena nama watu di dalam bahasa Jawa berarti batu.

Bongkah andesit di wilayah Kecamatan Sedayu itu berukuran maksimum antara 2,0 – 4,7 m, berbentuk menyudut – membundar tanggung. Demikian besar ukuran bongkah andesit tersebut sehingga di Dusun Panggang oleh penduduk setempat dinamakan 'Watu Gajah'. Di antara bongkah besar andesit itu kadang dijumpai matriks sekalipun sudah lapuk berwarna merah coklat berbutir kerikil, pasir sampai lempung tanah. Di dalam matriks terdapat banyak fragmen andesit segar yang sudah mengalami abrasi berbentuk menyudut – membundar tanggung dengan kemas terbuka. Ciri litologi tersebut menunjukkan bahwa material itu adalah endapan lahar. Sebaran bongkah batu besar dan sisa endapan lahar tersebut umumnya berada di tinggian kebun dan pemukiman penduduk di tengah-tengah dataran pesawahan yang subur. Kadang-kadang kumpulan bongkah batu di tengah-tengah sawah juga dijumpai.



Gambar 13 Singkapan endapan lahar (el) menumpang di atas batugamping Formasi Sentolo (ls) di Dusun Sembungan, Desa Bangunjiwo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul. Gambar kiri dan kanan atas di foto dikoordinat $07^{\circ}50'02,4''$ LS - $110^{\circ}20'23,3''$ BT, gambar kiri bawah difoto dikoordinat $07^{\circ}50'07,1''$ LS - $110^{\circ}20'23,7''$ BT.

Sebagian besar bongkah andesit masih segar berwarna abu-abu, bertekstur porfiri - afanit, struktur masif – berlubang halus, fenokris berupa plagioklas (putih, kelimpahan umum, berukuran < 1 mm) dan piroksen (hitam, kelimpahan jarang, berukuran < 1 mm), kadang-kadang amfibol, yang tertanam di dalam massa dasar afanit.

Dari uraian di atas diperkirakan bahwa endapan bongkah besar andesit di daerah Sedayu merupakan sisa endapan lahar yang terawetkan karena menumpang dan tertahan di lereng utara perbukitan Formasi Sentolo. Aliran lahar yang mampu mengangkut bongkah-bongkah besar andesit tersebut bersumber dari endapan longsoran Gunung api Merapi yang berada di utaranya, yakni di daerah Godean dan sekitarnya. Dengan demikian asal mula keberadaan banyak bongkah besar andesit di daerah Sedayu ini dapat dibandingkan dengan keberadaan endapan longsoran Gunung api Merapi di sebelah utara perbukitan batuan gunung api purba Godean, yaitu sama-sama terhalang oleh bentang alam tinggian batuan yang sudah ada pada waktu itu.

Lebih ke selatan – tenggara dari wilayah Sedayu, yakni di Dusun Lemahdadi (koordinat $07^{\circ}50'07,9''$

LS - $110^{\circ}18'16,4''$ BT) dan Dusun Sembungan (Sempu), Desa Bangunjiwo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul, dijumpai endapan lahar berbutir lebih halus (pasir – kerakal) menumpang di atas Formasi Sentolo (Gambar 13). Di lokasi ini endapan lahar mencapai ketebalan 3 – 5 m, terkonsolidasi lemah – padu, berupa breksi konglomeratan dan batupasir, berstruktur pejal. Lokasi singkapan berada di sebelah barat daerah aliran Kali Bedog sekarang dan di sebelah timur Gunung Sempu. Endapan lahar berbutir halus itu masih dapat diikuti ke arah hilir Kali Bedog sampai dengan jembatan yang menghubungkan antara Desa Pendowharjo Kecamatan Sewon dengan Desa Guwosari, Kecamatan Pajangan, Kabupaten Bantul, koordinat $07^{\circ}51'27,7''$ LS - $110^{\circ}19'42,0''$ BT (Gambar 14 atas). Di tempat ini terdapat tubuh tanah purba dari Formasi Sentolo yang ditindih oleh endapan lahar. Lebih ke hilir hingga Kali Bedog bermuara di Kali Progo tidak dijumpai singkapan dan daerahnya merupakan dataran.

Dari hasil penyelidikan geolistrik dan pemboran air oleh Balai Benih Ikan, Dinas Perikanan dan Kelautan Pemerintah Kabupaten Bantul diketahui bahwa di Dusun Gesikan – Kauman, Desa Wijirejo, Kecamatan



Gambar 14 Atas: Singkapan endapan lahar pada tebing aliran Kali Bedog (kiri), yang masih memperlihatkan fragmen-fragmen halus berbentuk meruncing, menumpang di atas tubuh tanah purba (tp) dari batugamping Formasi Sentolo. Lokasi di sebelah utara jembatan yang menghubungkan Desa Guwosari, Kecamatan Pajangan di sebelah barat dengan Desa Pendowoharjo, Kecamatan Sewon di sebelah timur, Kabupaten Bantul, koordinat $07^{\circ}51'27,7''$ LS - $110^{\circ}19'42,0''$ BT. Bawah: Gunung Sentono difoto dari sebelah timur jembatan Klangon, kamera menghadap ke barat (kiri) dan penampakan singkapan endapan lahar di kaki timur Gunung Sentono atau tebing barat Kali Progo. Lokasi Desa Banjaroyo, Kecamatan Kalibawang, Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta, koordinat $07^{\circ}38'32,5''$ LS - $110^{\circ}15'15,8''$ BT.

Pandak sampai kedalaman 140 m di bawah permukaan tersusun oleh endapan pasir (lepas) dan pasir lempungan (Anonim, 2014). Endapan pasir lepas berfungsi sebagai lapisan pembawa air (*aquifer*) berada pada kedalaman 16,61 – 18,02 m dipandang sebagai akifer dangkal, yang berada pada kedalaman lebih dari 49,48 m dianggap sebagai akifer dalam. Kedua akifer itu dibatasi oleh batupasir lempungan yang dipandang sebagai lapisan kedap air. Endapan pasir lepas bagian bawah dan sangat tebal (hampir 100 m) di duga sebagai perpanjangan endapan lahar di daerah hulu sungai atau paling tidak merupakan bahan rombakan lebih lanjut dari endapan lahar menjadi endapan sungai pada masa lalu. Wilayah Pandak Kabupaten Bantul ini berjarak lebih dari 50 km dari G. Merapi. Ke arah selatan endapan lahar tersebut tidak hanya melanda daerah aliran sungai Kali Bedog di bagian timur, tetapi di bagian tengah (daerah Godean – Dusun Nglahar) juga masuk ke hilir Kali Krusuk, Kali Kruwet dan Kali Blendung, yang bernama Kali Konteng, kemudian

bermuaara di Kali Progo. Aliran lahar terbesar diperkirakan mengikuti Kali Progo di bagian barat. Endapan lahar tua di Kali Progo, yang diduga berhubungan dengan endapan longsoran Gunung api Merapi, tersingkap di Gunung Sentono, di tepi barat jembatan Klangon, koordinat $07^{\circ}38'32,5''$ LS - $110^{\circ}15'15,8''$ BT (Gambar 14 bawah). Ketebalan singkapan endapan lahar pada lokasi ini lebih dari 20 m. Fragmen lahar berukuran butir rata-rata 30 – 50 cm, maksimum 150 cm, berbentuk meruncing – membundar tanggung, tertanam di dalam matriks tuf kerikilan berwarna putih. Fragmen lahar itu berstruktur pejal – berlubang, berkomposisi andesit dengan berbagai ragam tekstur mulai dari afanit sampai dengan porfiri, fenokris terdiri atas plagioklas, piroksen dan hornblenda yang tertanam di dalam massa dasar afanit.

Pembahasan

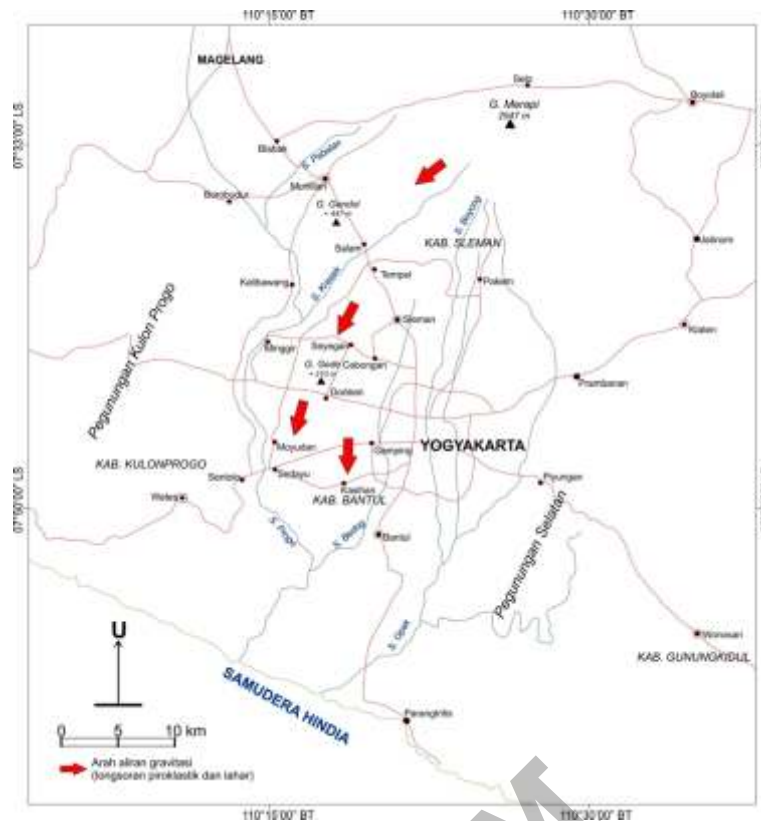
Berdasarkan pada hasil penelitian di lapangan batuan piroklastika Tersier di daerah Godean dan sekitarnya, yang berupa batulapili pumis dan tuf telah diterobos oleh batuan beku andesit porfiri – diorit mikro. Semakin dekat dengan tubuh batuan terobosan batuan piroklastika tersebut semakin kuat mengalami ubahan hidrotermal menjadi tuf tersilika, lempung putih-kelabu (kaolin-argilik), serta limonit. Sekilas, tuf tersilika penampakannya mirip dengan batupasir silika atau kuarsa. Selain diterobos, sebagian batuan piroklastika ada yang masuk (termakan) ke dalam batuan terobosan sehingga menjadi xenolit, dan sebagian lagi menjadi batuan atap (*roof pendant*) di atas batuan terobosan. Batuan piroklastika yang menjadi xenolit dan batuan atap tersebut juga berubah dalam berbagai tingkatan. Oleh sebab itu peta geologi lembar Yogyakarta (Rahardjo dr., 2012) disarankan untuk diperbaiki kembali.

Di daerah Godean dan sekitarnya batuan piroklastika berupa batulapili pumis, terkadang bercampur fragmen litik meruncing, dan tuf mempunyai ketebalan tersingkap lebih dari 30 m. Batuan piroklastika kaya pumis dan sangat tebal itu biasanya dihasilkan oleh letusan kaldera gunung api atau tahap penghancuran (*destruction period*) kerucut komposit, yang terbentuk sebelumnya yakni pada tahap pembangunan (*construction period*). Batulapili pumis yang tebal (lebih dari 20 m) dan masif dipandang sebagai ignimbrit atau aliran pumis (*pumice flows*), sedangkan perselingan batulapili pumis dengan tuf diperkirakan sebagai produk letusan Tipe Plini (*Plinian type ashfalls*) yang berlangsung beberapa tahap. Berhubung yang tersingkap di permukaan hanya batuan piroklastika hasil tahap penghancuran dan tubuh batuan terobosan semi gunung api, maka batuan hasil tahap pembangunan kerucut komposit sebelumnya diperkirakan sudah habis tererosi atau sebagian masih berada di bawah permukaan. Di Pegunungan Selatan Yogyakarta-Jawa Tengah dan Pegunungan Kulonprogo Yogyakarta, baik batuan hasil erupsi pada tahap pembangunan maupun tahap penghancuran, dan batuan terobosan semi gunung api purba masih cukup lengkap tersingkap di permukaan (Bronto, 2013). Hal ini menunjukkan bahwa batuan kerucut komposit Gunung api purba Godean jauh lebih tua daripada yang ada di kedua pegunungan batuan gunung api Tersier tersebut di atas. Kemungkinan lain karena Gunung api purba Godean terletak di dalam graben Bantul – Yogyakarta

(Barianto, 2009), tubuh batuan kerucut kompositnya mengalami penurunan sebagai akibat kegiatan tektonik di daerah itu.

Dari uraian di atas diketahui bahwa gerakan longSORan G. Merapi membentur perbukitan batuan Tersier Gunung api purba Godean sehingga endapannya tertahan dan terawetkan cukup baik di bagian utara. Di dalam endapan masih dijumpai perlapisan endapan sebelum longSOR, yakni endapan piroklastika, aliran lava dan endapan rombakan. Sebagai akibat pergerakan longSORan perlapisan endapan tersebut mengalami frakturasi sangat kuat, terbentuk rekahan gergaji dan sesar kecil (*minor*). Ciri-ciri tersebut menunjukkan bahwa endapan longSORan G. Merapi di Godean termasuk fasies bongkah (*block phases* atau *block facies*; Ui, 1983; Glicken, 1986; Ui, 1997; Nakamura dan Glicken, 1997). Fasies bongkah endapan longSORan itu diyakini bahwa gerakan longSORan lebih bersifat aliran gravitasi laminar; tidak turbulen seperti aliran piroklastika. Pada saat terjadi longSORan temperatur material juga dingin, jauh lebih dingin dibanding temperatur aliran piroklastika. Penemuan endapan longSORan G. Merapi di daerah Godean ini menunjukkan bahwa pada masa lalu telah terjadi longSORan sangat besar tubuh G. Merapi ke arah baratdaya (barat dan selatan) melanda wilayah Kabupaten Magelang Jawa Tengah kemudian Kabupaten Sleman Yogyakarta, sampai jarak 30-35 km dari puncak Merapi (Gambar 15). Dengan asumsi ketebalan rata-rata endapan longSORan G. Merapi 30 m dan menutupi daerah dari aliran Kali Bedog sampai tepi timur Pegunungan Kulon Progo (Kali Progo) selebar 10 km, maka diperkirakan volume endapan longSORan itu lebih dari 10 km³. Demikian besar volume endapan dan daerah yang terdampak sangat luas (lebih dari 300 km²), maka endapan longSORan ini tergolong endapan longSORan raksasa gunung api.

Berdasarkan faktor penyebab longSORan Siebert dr. (1987) membagi longSORan gunung api menjadi 2 tipe, yaitu Tipe Bezymianny dan Tipe Bandai. Tipe pertama disebabkan oleh erupsi magma pada waktu letusan gunung api, sedangkan Tipe Bandai diakibatkan oleh letusan freatik (hidrotermal) atau tidak berhubungan dengan kegiatan gunung api. Untuk longSORan G. Merapi belum dapat dimasukkan ke dalam salah satu tipe longSORan tersebut di atas karena belum ditemukan endapan piroklastika penyerta (Tipe *Bezymianny*) atau material ubahan hidrotermal sebagai penciri akibat letusan freatik.



Gambar 15 Peta arah aliran gravitasi longsoran batuan G. Merapi melalui daerah Kabupaten Magelang, Jawa Tengah, menerus ke daerah Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Endapan longsoran itu mengalami rombakan menjadi aliran lahar, yang melanda daerah Kabupaten Bantul, dan tepi timur Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Jika keduanya memang tidak ada, maka longsoran G. Merapi dapat dipicu oleh kegiatan tektonik. Peristiwa itu bukan hal yang tidak mungkin, karena secara umum gunung api ini terletak di jalur tektonik aktif Pulau Jawa, dan secara khusus berada di dalam graben Bantul – Yogyakarta. Di Jepang, pada 21 Mei 1792 G. Mayuyama di kawasan G. Unzen longsor dipicu oleh gempa bumi tektonik dan tidak berhubungan dengan kegiatan vulkanisme setempat (Nakamura dan Glicken, 1997).

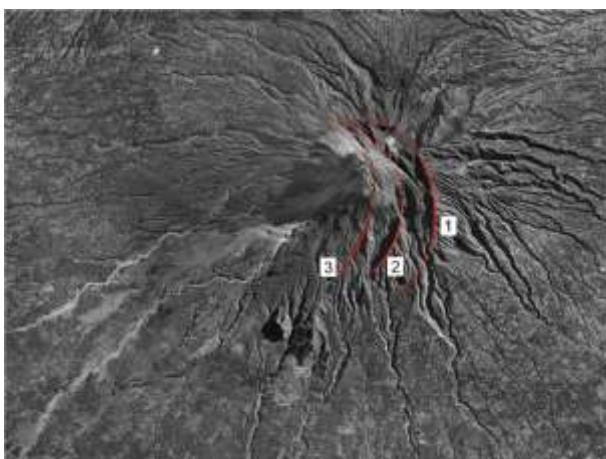
Mengacu pendapat Ui dr., (1986) dan dengan mempertimbangkan ketinggian puncak G. Merapi (+ 2900 m) serta dataran Godean Yogyakarta (+ 100 m), sebagai landasan longsoran tegak (*vertical collapse*), dan volume endapan mencapai 10 km³, seharusnya jarak luncur bahan longsoran dapat mencapai 50 – 100 km dari sumber. Namun jika benar longsorannya hanya mencapai jarak 35 km, sampai di Godean saja, maka ada faktor peredam kecepatan gerakan longsoran tersebut. Faktor itu berupa bentang alam Pegunungan Kulonprogo, yang terletak di sebelah barat G. Merapi, berfungsi sebagai penahan atau barrier longsoran sehingga kecepatan

gerak longsoran melambat dan berjarak jangkau lebih dekat. Ini berarti bagian timur dari daerah Kabupaten Kulonprogo juga terkena dampak longsoran G. Merapi. Voight dr. (1981) menghitung kecepatan longsoran Mt. St. Helens pada 1980 antara 180 – 288 km/jam. Para ahli gunung Jepang (misal Ui, 1997; Nakamura dan Glicken, 1997) menyatakan bahwa kecepatan gerak longsoran G. Bandai pada 1888 adalah 180 km/jam. Siebert dr. (1997) memperkirakan kecepatan longsoran di G. Gadung-Raung Jawa Timur mencapai 360 km/jam. Dengan adanya faktor peredam dan pelambatan tersebut laju kecepatan longsoran G. Merapi diperkirakan sekitar 180 km/jam. Kemungkinan lain longsoran G. Merapi tidak disebabkan oleh letusan tetapi terkait dengan gempa bumi tektonik sehingga menyebabkan jarak luncur longsoran lebih pendek.

Di sebelah barat dan timur perbukitan Godean endapan longsoran G. Merapi sudah hanyut terkikis menjadi lahar, masing-masing melalui aliran Kali Progo dan Kali Bedog. Di bagian tengah lahar mengalir melalui Kali Kruwet dan Kali Krusuk di daerah Godean, tetapi ke selatan membentur dan

terhalang oleh perbukitan batuan Tersier Formasi Sentolo di wilayah Sedayu, Kabupaten Bantul. Itulah sebabnya di daerah Sedayu masih tersisa endapan lahar terutama berupa bongkah-bongkah besar bersusunan andesit. Lahar di Kali Bedog masih terus mengalir ke selatan, yang endapannya dapat diamati di wilayah Sewon-Pajangan Kabupaten Bantul. Lebih ke selatan, yakni di wilayah Kecamatan Pandak, data bor air tanah menunjukkan adanya lapisan endapan pasir yang sangat tebal. Lokasi ini berjarak 15-20 km dari Sedayu atau lebih dari 50 km ke arah puncak Gunung api Merapi. Hal ini menjadi petunjuk bahwa daerah yang terlanda oleh bencana longsoran raksasa Gunung api Merapi tidak saja wilayah Godean Kabupaten Sleman, tetapi juga daerah Kabupaten Bantul, dan bagian tepi timur Kabupaten Kulonprogo di sepanjang aliran Kali Progo. Lebih ke utara, karena terletak sangat dekat (15-20 km) di sebelah barat G. Merapi, wilayah Salam dan Muntilan, Kabupaten Magelang Jawa Tengah juga tertimbun oleh endapan longsoran Gunung api Merapi. Berhubung perbukitan Gendol di daerah Salam dan Muntilan tertutup vegetasi lebat, pelapukan menjadi tanah sangat tebal dan tidak ada penggalian seperti halnya di daerah Godean, maka untuk menemukan endapan longsoran Merapi di daerah itu masih memerlukan penelitian lebih lanjut.

Dengan memperhatikan citra satelit puncak Merapi (Gambar 16), yang memperlihatkan tiga segmen gawir melengkung (*somma rims*) pada lereng tenggara dan selatan, dicurigai bahwa kerucut Gunung api Merapi telah mengalami pelongsoran



Gambar 16 Citra satelit Gunung api Merapi, yang pada lereng atas bagian tenggara dan selatan memperlihatkan gawir melengkung. Gawir itu diduga bekas kawah berbentuk tapal kuda sebagai akibat longsoran sebanyak tiga kali, yang berkembang dari timur ke barat (1, 2 & 3). Sumber data: BPPTKG Yogyakarta.

sebanyak tiga kali. Diduga setelah terjadi longsoran kerucut tubuh Merapi pertama di dalam kawah berbentuk tapal kuda (*horse shoe-shaped crater*) diikuti pertumbuhan kerucut Gunung api Merapi kedua, yang kemudian longsor membentuk kawah tapal kuda kedua. Selanjutnya di dalam kawah tapal kuda kedua tumbuh lagi kerucut Gunung api Merapi ketiga, yang pada akhirnya juga longsor membentuk kawah tapal kuda yang lebih muda. Newhall drr. (2000) melaporkan adanya endapan longsor, yang singkapannya sangat terbatas di dasar Kali Boyong, lereng selatan G. Merapi. Di daerah Godean endapan longsor G. Merapi belum memperlihatkan sebagai hasil beberapa kali longsor. Untuk membuktikan dugaan perulangan longsor tubuh kerucut Gunung api Merapi, terutama di bagian barat, masih memerlukan penelitian lebih cermat. Akan tetapi jika hal itu benar adanya, kerucut G. Merapi sekarang juga mempunyai potensi longsor lagi pada waktu mendatang.

Pada lereng selatan G. Merapi, mulai dari daerah Kabupaten Sleman Yogyakarta di bagian barat sampai dengan Kabupaten Klaten Jawa Tengah, sangat banyak ditemukan singkapan endapan awan panas atau aliran piroklastika sebagai hasil letusan pada masa lalu. Di daerah Kabupaten Sleman pada lereng baratdaya endapan awan panas letusan tersebar mulai dari Dusun Turgo, Desa Purwobinangun (koordinat 07°35'21,4" LS - 110°25'01,9" BT) sampai dengan di sekitar Museum G. Merapi (koordinat 07°37'18,5" LS - 110°25'14,5" BT) Dusun Tanen, Desa Candibinangun, Kecamatan Pakem. Pada lereng selatan G. Merapi endapan awan panas letusan tersebar mulai dari lokasi obyek wisata Kaliadem sampai dengan lapangan golf Desa Kepuharjo, Kecamatan Cangkringan. Di daerah Kabupaten Klaten endapan awan panas letusan tersebar di Desa Balerante dan Panggang, Kecamatan Kemalang (koordinat 07°36'36,6" LS - 110°28'22,6" BT). Luasnya sebaran awan panas letusan tersebut menunjukkan bahwa Gunung api Merapi pernah meletus berkali-kali pada masa lalu. Pada kegiatan 2006 Geger Boyo (bahasa Jawa yang artinya punggung buaya), yang merupakan bagian selatan dari puncak G. Merapi, roboh atau longsor. Geger Boyo itu merupakan kubah lava Gunung api Merapi hasil erupsi pada 1883. Robohnya Geger Boyo itu diperkirakan karena batuan penyusun di bagian bawah telah mengalami ubahan hidrotermal sangat kuat dan berlangsung sangat lama sehingga menjadi rapuh. Dengan demikian kegiatan magma pada



Gambar 17 Blok selatan tubuh G. Merapi, yang berpotensi roboh dan longsor ke selatan, antara arah kegiatan pra 1994 (ke barat – baratdaya) dan kegiatan 2006 serta 2010 (ke selatan – tenggara).

2006 dan 2010 lebih mudah menerobos dan membentuk bukaan kawah ke arah selatan – tenggara. Setelah letusan pada 2010 kegiatan Gunung api Merapi cenderung berubah dari erupsi leleran dengan membentuk kubah lava menjadi erupsi letusan. Data tersebut memberi peringatan bahwa blok selatan tubuh Gunung Merapi berpotensi longsor ke selatan. Blok ini di bagian barat dibatasi oleh bekas arah kegiatan sebelum 1994 dan di bagian timur dibatasi oleh arah kegiatan 2006 dan 2010 (Gambar 17). Permasalahan ini memerlukan perhatian sangat serius, karena menjadi ancaman bahaya longsornya Gunung api Merapi pada masa mendatang, baik melalui letusan magmatik (Tipe Bezymianny), letusan freatik (Tipe Bandai), atau dipicu oleh kegiatan tektonik saja. Bahaya longsor gunung api tersebut berakibat sangat fatal karena akan mengubur daerah terlanda secara permanen (Bronto dan Hartono, 2002).

Acuan

- Anonim, 2014. Laporan studi geolistrik daerah Gesikan, Bantul Yogyakarta, Balai Benih Ikan Dinas Kelautan dan Perikanan, Pemerintah Kabupaten Bantul, Yogyakarta: 20 h. (tidak diterbitkan).
- Barianto D.H., 2009. Geological Analysis and Remote sensing on Tertiary Stratigraphy and geological structure of Yogyakarta and vicinity, Jawa Island, Indonesia, doctoral thesis, Kyushu University, Fukuoka, (unpubl.).
- Bronto, S. 1989. Volcanic Geology of Galunggung, West Java, Indonesia, PhD Thesis, Canterbury University, New Zealand: 490 p. (unpubl.).
- Bronto, S., 1995. Volcanic debris avalanches and lahars on Galunggung, Merapi and Kelut, Java, Indonesia.

Kesimpulan

1. Kerucut G. Merapi pernah mengalami longsor raksasa ke arah baratdaya sehingga melanda daerah Kabupaten Magelang Jawa Tengah serta Kabupaten Sleman dan Kabupaten Kulonprogo bagian timur, Yogyakarta. Endapan longsor yang melanda Kabupaten Sleman sampai di wilayah Godean, yang berjarak 30-35 km dengan volume material mencapai 10 km³.
2. Lebih ke selatan, endapan longsor Merapi itu berubah menjadi lahar, yang melanda daerah Kabupaten Bantul, Yogyakarta. Di bagian barat lahar mengalir melalui K. Progo, sedang di sebelah timur mengikuti K. Bedog hingga wilayah Pandak, yang berjarak lebih dari 50 km ke arah G. Merapi.
3. Untuk mengantisipasi bencana katastrofik serupa pada masa mendatang diperlukan mitigasi lebih seksama.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Chris G. Newhall, ahli gunung api Amerika Serikat, yang telah menyempatkan diri untuk melakukan peninjauan terhadap endapan longsor G. Merapi di daerah Godean dan sekitarnya. Beliau sangat setuju bahwa yang ditinjau itu memang benar endapan longsor dari G. Merapi. Ucapan terimakasih juga ditujukan kepada Wartono Rahardjo, staf pengajar Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada, yang mendukung bahwa bahan lepas di daerah Godean itu bukan hasil kegiatan gunung api berumur Tersier. Penghargaan juga ditujukan kepada Didit H. Barianto, staf pengajar Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada, yang telah menginformasikan terdapatnya banyak bongkah besar andesit wilayah Kecamatan Sedayu dan endapan lahar di wilayah Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul, Yogyakarta.

- Proceedings The Workshop on Debris Avalanche and Debris Flow of Volcano, Science and Technology Agency, Japan, March 7-11: 21-57.*
- Bronto, S., 2001, Volcanic debris avalanches in Indonesia, *Proceed. the 3rd Asian Sympos. on Engin. Geol. and the Environm. (ASEGE)*, Yogyakarta, Sept. 3-6: 449-462.
- Bronto, S., 2013. *Geologi Gunung Api Purba*, cetakan ke 2, Badan Geologi Kementerian ESDM, Bandung: 184 h.
- Bronto, S., 2014. *Pengembangan dan terapan geologi gunung api*, Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, K-ESDM (in press).
- Bronto, S. Dan Hartono, G., 2002. Longsor gunung api dan bahayanya, Simposium Nasional Pencegahan Bencana Sedimen, 12-13 Maret 2002, Sabo Technical Centre, Kerjasama Ditjend. Sumber Daya Air, Dept. Kimpraswil. dengan JICA, Maguwoharjo, Sleman, Yogyakarta: 413 – 426.
- Glicken, H., 1986. Rockslide-debris avalanche of May 18, 1980, Mount St. Helens Volcano, Washington. PhD thesis, Univ. of California, Santa Barbara: 303 p. (unpubl.).
- Lipman, P.W. and Mullineaux, D.R. (Eds.). *The 1980 eruptions of Mount St. Helens*. Washington, U.S. Geological Survey Prof. Paper 1250: 844 p.
- Nakamura, Y. and Glicken, H., 1997. Debris avalanche deposits of the 1888 eruption, Bandai Volcano, in: *Bandai Volcano. Resent Progress on Hazard Prevention, Research Group for the Origin of Debris Avalanche*, Science and Technology Agency, Japan: 135 - 147.
- Neumann van Padang, M., 1939. Uber die vielen tausend Hugel im westlichen Vorlande des Raoeng-Vulkans (Ost Java). *De Ingenieur in Nederlandch Indie Jaargaang* 6, no. 4, sect. 4: 35-41.
- Neumann van Padang, M., 1951. *Catalogue of the Active Volcanoes of the World Including Solfatara Fields. Part I Indonesia, International Volcanology Association, Via Tasso 199, Napoli, Italia, 271 p.*
- Newhall, C.G., Bronto, S., Alloway, B., Banks, N.G., Bahar, I., del Marmol, M.A., Hadisantono, R.D., Holcomb, R.T., McGeehin, J., Miksic, J.N., Rubin, M., Sayudi, D., Sukhyar, R., Andreastuti, S., Tilling, R.I., Torley, R., Tribble, D. and Wirakusumah, A.D., 2000. 10,000 Years of explosive eruptions of Merapi Volcano, Central Java: Archaeological and modern implications, *J. Volcanol. and Geoth. Res.*, 100 : 9-50.
- Ngkoimani, L.O., 2005. Magnetisasi pada batuan andesit di pulau Jawa serta implikasinya terhadap paleomagnetisme dan evolusi tektonik. Disertasi S3, ITB: 110 h. (tidak diterbitkan).
- Permanadewi, S., Saefudin, I. dan Siregar, D.A., 2008. Kecepatan pergerakan magma dasit ke permukaan di daerah Purworejo dan sekitarnya, Jawa Tengah berdasarkan analisis penarikan jejak belah, *Jurnal Sumber Daya Geologi*, v.18 no.4: 223 - 230.
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi dan Rosidi, H.M.D., 2012. *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa, skala 1 : 100.000*, cetakan ke 3, PSG, Bandung.
- Siebert, L., 1984, Large volcanic debris avalanches: Characteritics of source areas, deposits and associated eruptions, *Jour. Volc. Geoth. Res.*, v. 66: 367-395.
- Siebert, L., Glicken, H. dan Ui, T., 1987. Volcanic hazards from Bezymianny- and Bandai Types Eruptions, *Bull. Volcanol.*, v. 49: 435 – 459.
- Siebert, L., S. Bronto, I. Supriatman and R. Mulyana, 1997, Massive debris avalanche from Raung Volcano, Eastern Java, abstract, *IAVCEI General Assembly*, Jan. 19-24, 1997, Puerto Vallarta, Mexico.
- Soeria-Atmadja, R., Maury, R.C., Bellon, H., Pringgoprawiro, H., Polve, M., dan Priadi, B., 1994. Tertiary magmatic belts in Java, *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, v. 12: 13-27.
- Ui, T., 1983. Volcanic dry avalanche deposits – Identification and comparison with non-volcanic debris stream deposits, *J. Volcanol. Geoth. Res.*, v. 22: 163-197.
- Ui, T., 1997. *Characterization of debris avalanches associated with volcanic activity*, in: *Bandai Volcano. Resent Progress on Hazard Prevention, Research Group for the Origin of Debris Avalanche*, Science and

Technology Agency, Japan: 149-154.

Ui, T., Yamamoto, H. and Suzuki-Tamata, K., 1986. Characterization of debris avalanche deposits in Japan, *J. Volcanol. Geoth. Res.*, v. 29: 231 – 243.

Van Bemmelen, R.W., 1949. *The Geology of Indonesia*, Vol. IA, Martinus Nijhoff, the Hague: 732 p.

Voight, B., Glicken, H., Janda, R.J. and Douglass, P.M., 1981. Catastrophic rockslide-avalanche of May 18. In: P.W. Lipman and D.R. Mullineaux (Eds.), *The 1980 eruptions of Mount St. Helens*. Washington, U.S. Geological Survey Prof. Paper 1250, v. 98: 347-377.

JGSM