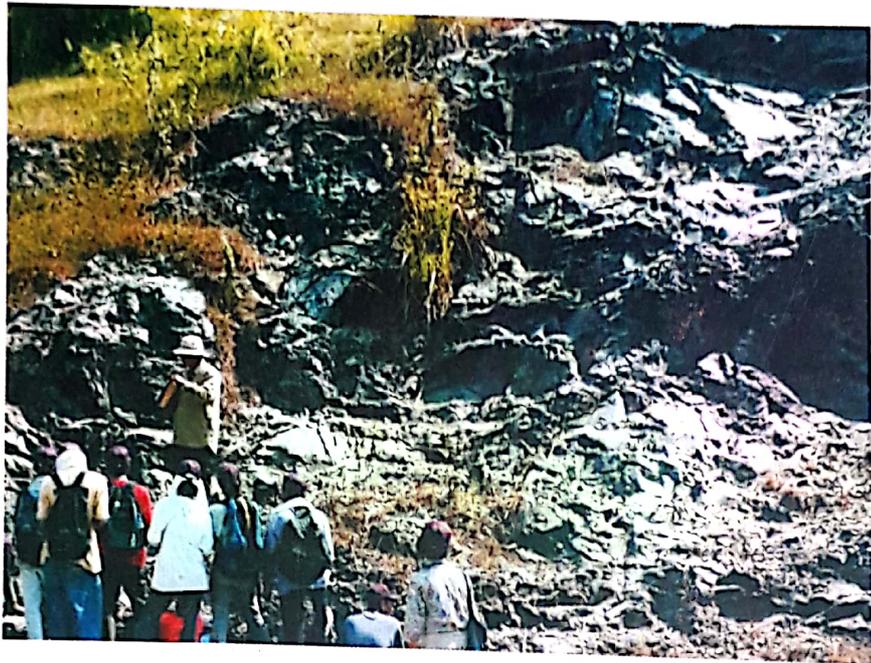


ISSN 0216-1061



# MAJALAH GEOLOGI INDONESIA

Vol. 20, No. 1, April 2005



**Penerbit/Publisher:**  
**IKATAN AHLI GEOLOGI INDONESIA**  
*Indonesian Association of Geologists*

|                       |         |       |             |                       |                |
|-----------------------|---------|-------|-------------|-----------------------|----------------|
| Majalah<br>Geol. Indo | Vol. 20 | No. 1 | Hlm. 1 - 60 | Jakarta<br>April 2005 | ISSN 0216-1061 |
|-----------------------|---------|-------|-------------|-----------------------|----------------|

# Majalah Geologi Indonesia

ISSN 0216-1061

Volume 20 No. 1, April 2005

Diterbitkan oleh:

*Published by:*

**Ikatan Ahli Geologi Indonesia**

Gedung Geologi dan Sumberdaya Mineral Lt. 4

Jl. Prof. DR. Supomo SH No. 10

Jakarta 12870

Telp. : 021-83702848

Facsimile : 021-83702848

e-mail : iagisek@cbn.net.id

Terbit Pertama kali : Tahun 1960

*First published* : 1960

Frekwensi terbit 3 kali setahun

*Published every 4 months*

## *Cover Figure:*

Gambar Sampul/Cover Figure:

Serpentinit yang merupakan blok dalam melange tektonik Karangsambung tersingkap di dusun Pucangan.

Lokasi Karangsambung, Kebumen, Jawa Tengah

Dipotret oleh Sutanto

*Serpentinite croke-out in the village of Pucangan as a block in the tectonic melange of Karangsambung.*

*Location Karangsambung, Kebumen, Central Java.*

*Photographed by Sutanto*

**Penanggung Jawab/Insured Editor:** Andang Bachtiar (Ketua Umum IAGI). **Pemimpin Redaksi/Chief Editor:** Hill. Gendoet Hartono. **Wakil Pemimpin Redaksi/Vice Chief Editor:** Wartono Rahardjo. **Sekretaris Redaksi/Secretary Editors:** Jarot Setyowiyoto, Setyo Pambudi. **Dewan Redaksi/Board Editors:** Kuntadi Nugrahanto, Agus Handoyo H., Bambang Manumayoso, Sukmandaru Prihatmoko, Abdurrachman Assegaf, F. Hasan Sidi, Hanang Samodra, Untung Sudarsono. **Tim Redaksi/Team Editors:** Hardoyo Rajiyowiryono, Sutikno Bronto, Sutanto, Ratdomopurbo, Haryadi Djamal, Pri Utami, Sari Bahagiarti K., Bambang Prastistho, Heru Hendrayana. **Penata Letak/Lay Out:** Agus Hendratno, Hariyono Utomo, Partama Misdiyanta. **Distributor:** Sekretariat IAGI Pusat. **Alamat Sekretariat/Address of Secretariat:** Kantor Pusat IAGI Gedung Geologi dan Sumberdaya Mineral Lt. 4 Jl. Prof. DR. Supomo SH No. 10 Jakarta 12870, Telp./Fax. (021) 83702848, e-mail: iagisek@cbn.net.id. **Alamat Pengiriman Naskah/Address for Submitting Paper:** Kampus STTNAS, Gedung E Lt. 4, Jl. Babarsari, Yogyakarta 55281, Telp. (0274) 485390, 486986, Fax. (0274) 487249, e-mail: hillgendoet@sttnas.ac.id.

**DAFTAR ISI**

|   | <b>Halaman</b> |
|---|----------------|
| Potensi Bahaya Tsunami di Nusa Tenggara Barat<br><i>Adjat Sudradjat</i>   | 1              |
| Penanggulangan Bencana: Antara Pemahaman dan Kenyataan<br><i>Supriyati D. Andreastuti</i>   | 10             |
| Gempabumi dan Tsunami NAD- Sumut 26 Desember 2004<br><i>Soehaimi, E. K. Kertapati, Surono, Supartoyo dan J.H. Setiawan</i>                    | 17             |
| Stratigrafi Batuan Gunungapi di Daerah Wukirharjo, Kecamatan Prambanan,<br>Sleman Yogyakarta<br><i>S. Bronto, G. Hartono &amp; S. Pambudi</i> | 27             |
| Sesar Cimandiri Bagian Timur dan Implikasinya Terhadap Longsoran<br>di Citatah, Padalarang, Jawa Barat<br><i>Zufialdi Zakaria</i>             | 41             |
| Paleogene Volcanic Activities in Sumatra<br><i>Sutanto</i>  | 51             |

## STRATIGRAFI BATUAN GUNUNGAPI DI DAERAH WUKIRHARJO, KECAMATAN PRAMBANAN, SLEMAN YOGYAKARTA

Oleh:  
S. Bronto <sup>\*</sup>, G. Hartono <sup>\*\*</sup> & S. Pambudi <sup>\*\*</sup>

### SARI

Tiga satuan batuan gunungapi tersingkap di Desa Wukirharjo, Kecamatan Prambanan, Sleman Yogyakarta, yakni (1) Perselingan lava dan breksi piroklastika, (2) Breksi epiklastika dan (3) Tefra batuapung. Satuan batuan pertama berkomposisi andesit dan di dalam breksi piroklastika banyak mengandung bom gunungapi, diameter rata-rata terbesar 78 cm dengan sumbu terpanjang butir mengarah U30°T. Bongkah andesit segar mencapai ukuran 2,5 m - 8,0 m, sedangkan bongkah batuan mengarah U30°T. Bongkah andesit segar mencapai ukuran 2,5 m - 8,0 m, sedangkan bongkah batuan terubah 1,3 - 1,6 m. Perselingan aliran lava dengan breksi piroklastika itu dipandang sebagai bagian dari fasies proksimal suatu kerucut gunungapi komposit. Berdasarkan orientasi butir bom gunungapi dan ditemukannya bongkah sangat kasar andesit dan batuan ubahan serta aliran lava maka diperkirakan sumber erupsi terletak di sebelah timur-timurlaut, tidak jauh dari daerah penelitian. Kegiatan vulkanisme Tersier ini kemudian berhenti sama sekali dan diikuti dengan sedimentasi breksi epiklastika sebagai satuan batuan kedua yang terdiri dari konglomerat, breksi konglomeratan dan batupasir, berumur Miosen (N5-N18) dan diendapkan di lingkungan laut dangkal. Satuan batuan ketiga terdiri dari tuf, batulapili dan breksi batuapung. Komposisi ini mencerminkan hasil letusan kaldera gunungapi yang merupakan periode penghancuran suatu kerucut gunungapi komposit.

Kata kunci: breksi epiklastika, breksi piroklastika, lava, stratigrafi gunungapi, tefra, ubahan hidrotermal, Wukirharjo, Prambanan, Yogyakarta

### ABSTRACT

Three volcanic rock units are exposed at Candisari River, Wukirharjo village, Prambanan Yogyakarta, i.e. (1) Alternating lavas and pyroclastic breccias, (2) Epiclastic breccias and (3) pumice-rich tephra. The first rock unit has andesitic in composition and the pyroclastic breccias contain a lot of volcanic bombs in which the largest bombs have an average diameter 78 cm directing to N30°E. The coarsest andesitic blocks range from 2.5 m to 80 m, while hydrothermally altered blocks have 1.3 - 1.6 m. The alternation of lava flows and pyroclastic breccias is considered as a part of proximal facies of a composite volcanic cone. Based on the orientation of volcanic bombs and the present of very coarse andesitic blocks, altered blocks and lava flows it is suggested that the eruption source was located in the northeast side, nearby the research area. This Tertiary volcanic activity ceased and was followed by sedimentation of epiclastic breccias as the second rock unit. This unit composes of conglomerates, conglomeratic breccias and sandstones that have Miocene (N5-N18) in age and were deposited in a shallow marine environment. The third rock unit comprises tuffs, lapillistones and pumice breccias. This composition implies a product of an explosion caldera as a destructive phase of a composite volcanic cone.

Keywords: epiclastic breccia, lava, pyroclastic breccia, tephra, volcanostratigraphy, hydrothermally altered, Wukirharjo, Prambanan, Yogyakarta

<sup>\*</sup>) Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Jl. Diponegoro 57, Bandung 40112 E-mail: sbronto@grdc.esdm.go.id  
<sup>\*\*</sup>) Jurusan Teknik Geologi, STTNas Yogyakarta, Jl. Babarsari Yogyakarta 55281

## PENDAHULUAN

Batuan asal gunungapi berumur Tersier terdapat sangat banyak di Pegunungan Selatan, Propinsi Yogyakarta. Penelitian stratigrafi terhadap batuan gunungapi tersebut secara litostratigrafi menghasilkan Formasi Kebo-Butak, Formasi Semilir, Formasi Nglanggeran dan Formasi Sambipitu (Surono dkk., 1992). Hubungan di antara formasi batuan tersebut ada yang selaras, tidak selaras dan atau menjari Hasil ini ternyata menimbulkan kesulitan untuk menjelaskan hubungan kegiatan volkanisme dengan proses sedimentasi di daerah itu. Selama ini hasil kegiatan volkanisme yang berupa batuan beku luar (aliran lava), oleh penyelidik terdahulu hanya dipandang sebagai sisipan di antara batuan sedimen (asal gunungapi) yang diinterpretasikan sebagai endapan turbidit. Sementara itu keberadaan batuan beku terobosan di daerah itu juga tidak dijelaskan hubungan genesanya dengan batuan beku luar dan batuan klastika gunungapi sekalipun secara petrologi mempunyai kesamaan ciri-ciri litologi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui urutan pembentukan batuan gunungapi Tersier yang tersingkap di wilayah Desa Wukirharjo dengan memperhatikan aspek petrologi dan volkanisme. Hasil penelitian ini dimaksudkan untuk membantu menyelesaikan permasalahan genesa batuan gunungapi dalam hubungannya dengan proses sedimentasi, tektonika dan sejarah geologi di daerah Pegunungan Selatan, Yogyakarta dan Jawa Tengah. Selanjutnya pemahaman sejarah geologi secara utuh tersebut sangat bermanfaat dalam penelitian lanjutan untuk pengembangan ilmu pengetahuan geologi itu sendiri ataupun kegiatan eksplorasi sumber daya alam geologi, terutama di bidang mineral dan energi.

Untuk mencapai tujuan tersebut maka ada tiga permasalahan pokok yang dihadapi di dalam penelitian ini. Pertama, perlu diketahui berbagai macam batuan gunungapi di daerah penelitian, baik secara deskriptif maupun genetik, kedua, perlu mengetahui hubungan stratigrafi antara batuan gunungapi satu dengan lainnya, dan ketiga, perlu direkonstruksi bagaimana kegiatan volkanisme dan sedimentasi di daerah penelitian.

Untuk menyelesaikan masalah tersebut di atas dilakukan langkah-langkah pendekatan dengan melakukan penelitian geologi rinci di lapangan, analisis laboratorium petrologi dan

paleontologi, serta pengolahan data secara terpadu, antara data lapangan, data laboratorium dan studi pustaka.

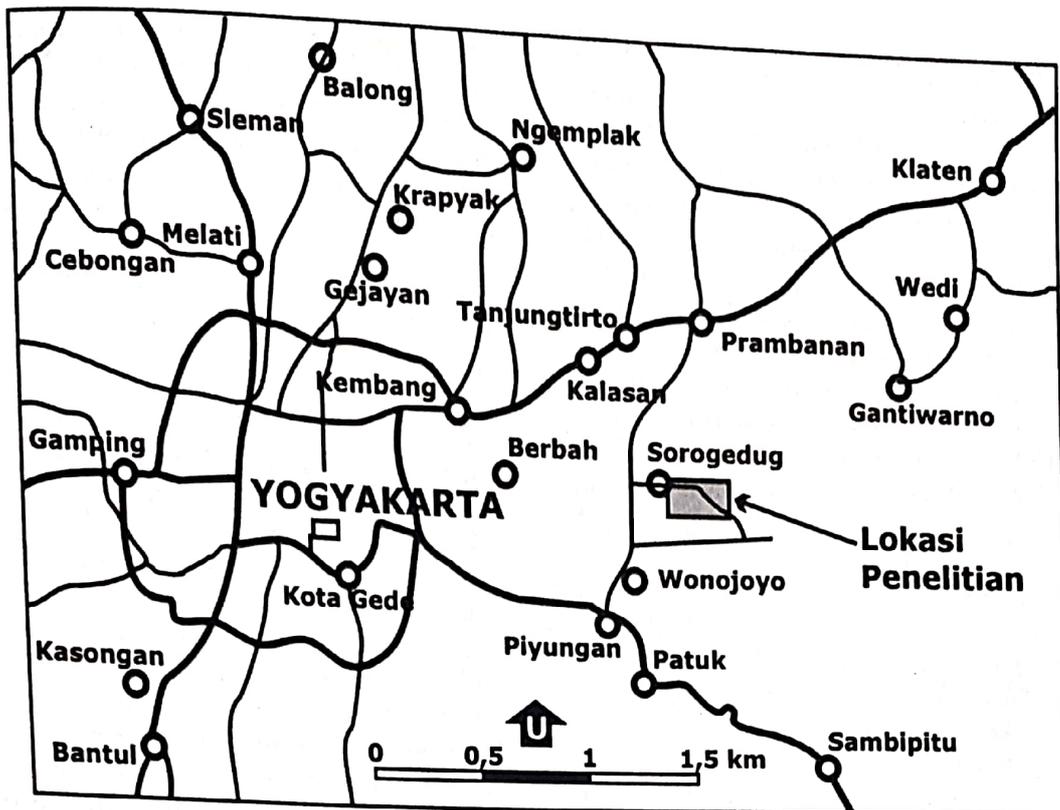
Lokasi penelitian terletak di Dusun Candisari dan Dusun Losari, Desa Wukirharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (Gbr. 1). Lokasi ini berada sekitar 15 km di sebelah timur kota Yogyakarta dan 10 km di sebelah tenggara Prambanan yang dapat dicapai dengan berbagai kendaraan bermotor.

## FISIOGRAFI

Daerah penelitian termasuk jalur Perbukitan Prambanan yang berarah barat-laut tenggara dengan panjang sekitar 7 km dan lebar 3 km. Jajaran puncak perbukitan ini (lk. 400 m dml.) menjadi batas wilayah Kabupaten Sleman, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta di bagian barat dan Kabupaten Klaten, Propinsi Jawa Tengah di bagian timur. Secara fisiografi Perbukitan Prambanan ini termasuk tinggian Baturagung yang merupakan salah satu sub zona Pegunungan Selatan di ujung barat-laut (van Bemmelen, 1949). Ke arah barat, utara dan timur Perbukitan Prambanan dibatasi oleh dataran Yogyakarta Klaten (lk. 100 m dml.) yang ditempati oleh endapan aluvium asal G. Merapi. Sementara itu ke arah selatan perbukitan ini berhubungan dengan tinggian Baturagung. Bentuk perbukitan Prambanan ini melandai ke barat-baratdaya dengan sudut lereng mengecil dari 20° ke 5°, sedang di sisi timur-timurlaut membentuk gawir dengan kemiringan 25° - 50°. Kenampakan bentang alam ini mencerminkan perlapisan batuan penyusunnya secara umum miring ke barat-baratdaya. Alur-alur sungai juga berkembang paralel mengalir ke barat tetapi hanya berair pada musim hujan.

## STRATIGRAFI REGIONAL

Stratigrafi Pegunungan Selatan telah dikemukakan oleh para peneliti terdahulu, di antaranya Bothe (1929), van Bemmelen (1949), Surono dkk., (1992), serta Samodra dan Sutisna (1997). Satuan batuan tertua adalah batuan malihan yang penyusun utamanya adalah sekis, filit dan marmar. Satuan batuan itu secara tidak selaras ditutupi oleh Formasi Gamping-Wungkal yang terdiri dari batupasir dan batugamping. Kedua satuan batuan itu tersingkap di Perbukitan



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian, yang terletak di Dusun Candisari, Desa Wukirharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

Jiwo, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, di sebelah timur Perbukitan Prambanan. Untuk kawasan tinggian Baturagung, yang terletak di selatan Perbukitan Jiwo, pembagian satuan batuan dari tua ke muda adalah Formasi Kebo-Butak, Formasi Semilir, Formasi Nglanggeran dan Formasi Sambipitu. Seluruh formasi batuan di kawasan Baturagung ini tersusun oleh batuan asal gunungapi, yang di atasnya ditutupi oleh Formasi Oyo, Formasi Wonosari dan Formasi Kepek yang ketiganya tersusun oleh batuan karbonat. Seluruh satuan batuan Tersier itu kemudian ditutupi oleh endapan aluvium yang utamanya berasal dari G. Merapi di sebelah utara.

Formasi Kebo-Butak tersusun oleh batupasir, batulanau, batulempung, serpih, tuf dan aglomerat. Formasi ini juga dijumpai di kaki gawir timurlaut Perbukitan Prambanan. Berdasarkan kandungan fosil foraminifera kecil, umur Formasi Kebo-Butak ini adalah N2 - N5 atau Oligosen Akhir Miosen Awal (Sumarso dan Ismoyowati, 1975) dan diendapkan di laut terbuka yang terpengaruh arus turbid. Di dalam Formasi Kebo-Butak, Bronto dkk., (2002) menemukan batupasir tuf hitam berasosiasi dengan tuf hijau dan aliran lava basal berstruktur bantal dan menginterpretasikannya sebagai

produk kegiatan gunungapi primer bawah laut di dalam cekungan sedimentasi formasi tersebut.

Formasi Semilir secara khas tersusun oleh tuf, tuf lapili, lapili batupung dan breksi batupung. Formasi Semilir ini menumpang secara selaras di atas Formasi Kebo-Butak, namun secara lokal tidak selaras dan menjari dengan satuan batuan di atasnya. Pada umumnya Formasi Semilir tidak mengandung bahan karbonat dan sekaligus miskin akan fosil. Berdasarkan penemuan fosil foraminifera kecil (Sumarso dan Ismoyowati, 1975) formasi ini ditentukan berumur Miosen Awal awal Miosen Tengah. Lingkungan pengendapannya berkisar dari laut dangkal di bagian bawah dan tengah satuan batuan dan laut dalam di bagian atas.

Formasi Nglanggeran secara khas tersusun oleh breksi gunungapi, aglomerat, tuf dan aliran lava berkomposisi andesit basal andesit. Bahkan batuan beku intrusi dangkal berupa sill dan retas andesit juga ditemukan. Di dalam breksi gunungapi sering dijumpai bom dan blok sebagai hasil letusan gunungapi. Batuan penyusun tersebut sering memperlihatkan struktur pelapisan sekalipun bentuk dan pelamparannya tidak selalu teratur dan berkelanjutan. Pada umumnya, Formasi Nglanggeran juga miskin

fosil. Penemuan fosil foraminifera di dalam sisipan batupasir (Saleh, 1977) dan batu lempung (Sudarminto, 1982) menunjukkan umur Miosen Awal Miosen Tengah (N5 - N9). Analisis umur dengan metoda K-Ar terhadap batuan beku di Parangtritis (Soeria-Atmadja dkk., 1994) memberikan umur  $26,55 \pm 1,07$  jtl dan  $26,40 \pm 0,83$  jtl. yang termasuk di dalam Oligosen Akhir. Berdasarkan perolehan umur itu penulis tersebut mengusulkan agar batuan gunungapi di Parangtritis ini dimasukkan ke dalam Formasi Kebo-Butak. Sementara itu Hartono (2000) melakukan analisis K-Ar terhadap aliran lava di K. Ngalang dan memperoleh umur  $58,585 \pm 3,24$  jtl. (Paleosen Akhir).

Formasi Sambipitu yang terletak di kaki selatan tinggian Baturagung tersusun oleh batuan klastika gunungapi berbutir halus, mulai dari batupasir kasar di bagian bawah kemudian secara berangsur ke atas menjadi batupasir halus yang berselang-seling dengan serpih, batulanau dan batulempung. Di bagian bawah satuan batuan ini tidak mengandung bahan karbonat, namun di bagian atas bahan karbonat semakin banyak, sebelum ditutupi oleh Formasi Oyo yang tersusun oleh batugamping. Berdasarkan data paleontologi diketahui umur Formasi Sambipitu adalah Miosen Awal-Tengah dan lingkungan pengendapannya laut dangkal sampai dalam.

Dari data regional tersebut dapat diperkirakan bahwa kegiatan vulkanisme di daerah Perbukitan Jiwo dan Pegunungan Selatan pada Jaman Tersier dimulai pada saat pengendapan Formasi Kebo-Butak. Vulkanisme Tersier mencapai puncaknya pada pembentukan Formasi Semilir dan Formasi Nglanggeran. Kegiatan vulkanisme Tersier itu menurun dan berhenti sama sekali pada saat sedimentasi Formasi Sambipitu.

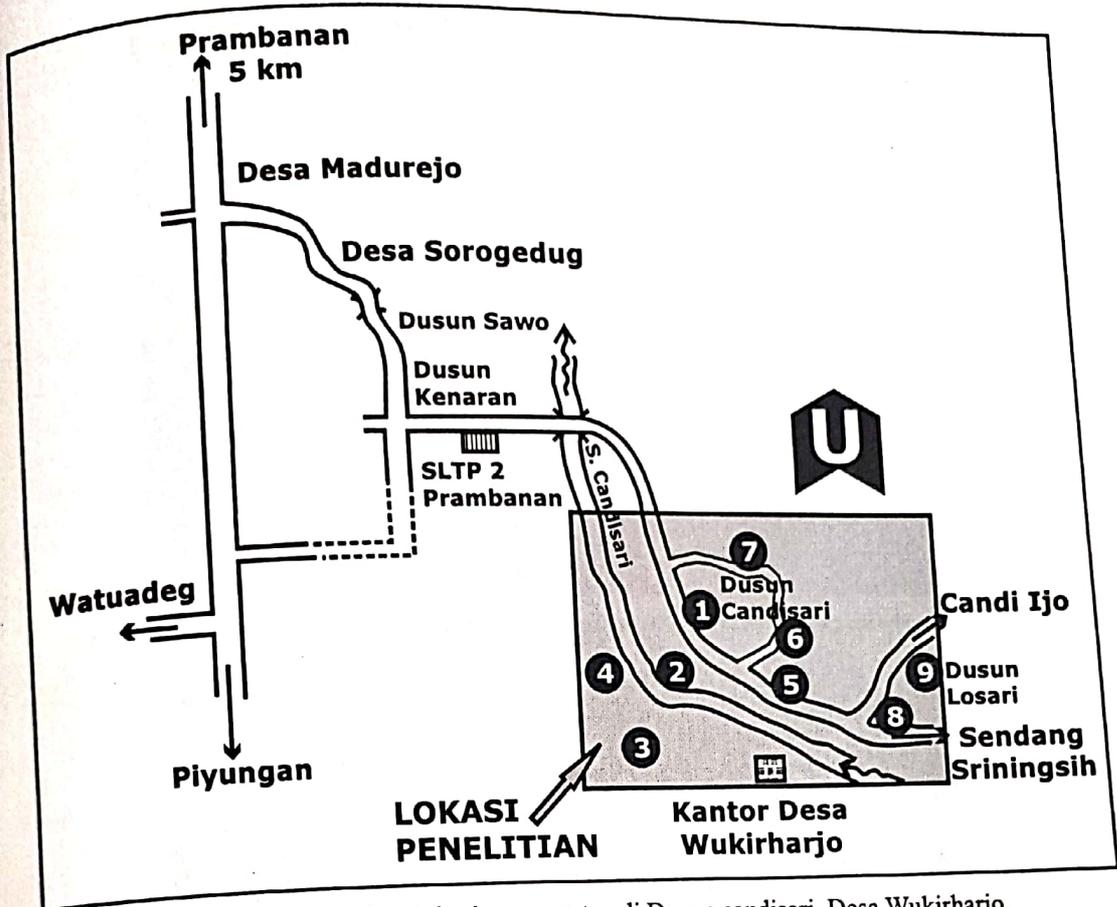
## HASIL PENELITIAN

Perbukitan Prambanan sebagian besar tersusun oleh batuan yang termasuk di dalam Formasi Semilir. Di daerah penelitian (Gbr. 2) terdapat Sungai Candisari yang memotong Perbukitan Prambanan atau kurang lebih tegak lurus terhadap jurus perlapisan batuan. Di daerah ini ternyata ditemukan singkapan batuan tua di bawah Formasi Semilir. Pada lokasi pengamatan 1, 2, 3 dan 7 dijumpai perselingan antara breksi autoklastika dengan breksi piroklastika yang keduanya berkompposisi andesit. Di atas batuan

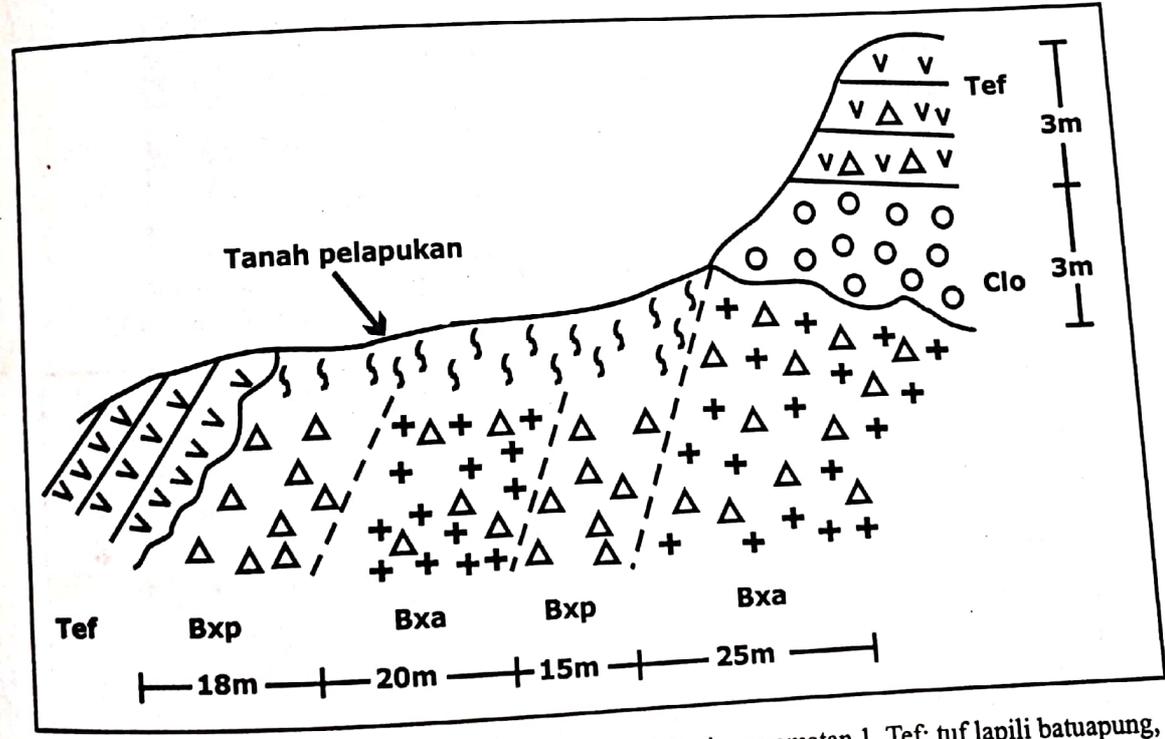
gunungapi primer itu diendapkan konglomerat dan tuf lapili batuapung (Gbr. 3). Breksi autoklastika dicirikan oleh adanya fragmen andesit sangat meruncing sampai meruncing berukuran butir 5-30 cm tertanam di dalam masadasar andesit. Permukaan breksi autoklastika itu relatif halus dan rata, fragmen tidak lebih menonjol dibanding matriksnya (Gbr. 4). Hal itu menunjukkan bahwa fragmen dan matriksnya mempunyai resistensi relatif dan karena tersusun oleh litologi sejenis, yaitu andesit. Dalam beberapa kenampakan sering dijumpai perubahan berangsur dari breksi banyak fragmen kasar ke halus dan semakin dikuasai masadasar untuk kemudian berubah menjadi batuan beku andesit masif bertekstur afanitik atau porfiri halus. Kenampakan sebagai andesit masif dari aliran lava lebih jelas lagi terdapat pada lokasi pengamatan 2 dan 3 (Gbr. 5, 6 dan 7) di tebing dan dasar Sungai Candisari. Pada lokasi pengamatan 2 sebagian breksi autoklastika mengalami oksidasi cukup kuat sehingga berwarna merah bata. Hal ini menunjukkan bahwa lingkungan pembekuan aliran lava tersebut banyak mengandung oksigen.

Secara petrografi aliran lava andesit itu berwarna abu-abu gelap, bertekstur afanitik porfiritik halus dengan fenokris plagioklas dan sedikit piroksen dan mineral opak. Feokris plagioklas berbentuk euhedral-subhedral, berukuran butir 1-2 mm, tidak berwarna, tersebar merata (20 - 30 %), berstruktur zoning normal dan banyak mengandung inklusi gelas. Kedua hal yang terakhir itu menunjukkan bahwa kristalisasi plagioklas terjadi pada kondisi pendinginan sangat cepat yang umum dijumpai pada batuan hasil erupsi gunungapi. Fenokris piroksen kuno dan mineral opak sangat sedikit (< 10 %) dan umumnya sudah berubah menjadi klorit.

Breksi piroklastika sangat khas dicirikan oleh banyaknya bom dan blok gunungapi berdiameter antara 15 - 20 cm dan maksimum 80 cm (Gbr. 8). Bagian luar dari bom gunungapi itu masih memperlihatkan tekstur permukaan yang kasar sedangkan bagian dalam sering menunjukkan struktur konsentris atau rekahan berpola radier, sebagai akibat pendinginan sangat cepat pada saat dierupsikan (Gbr. 9). Breksi piroklastika di lokasi pengamatan 5 mempunyai bom dan blok gunungapi dengan diameter butir rata-rata 78 cm sedang yang terbesar mencapai 175 cm. Bom dan blok itu menunjukkan penjabaran dengan arah umum sumbu terpanjang



Gambar 2. Sketsa rinci lokasi pengamatan di Dusun candisari, Desa Wukirharjo.



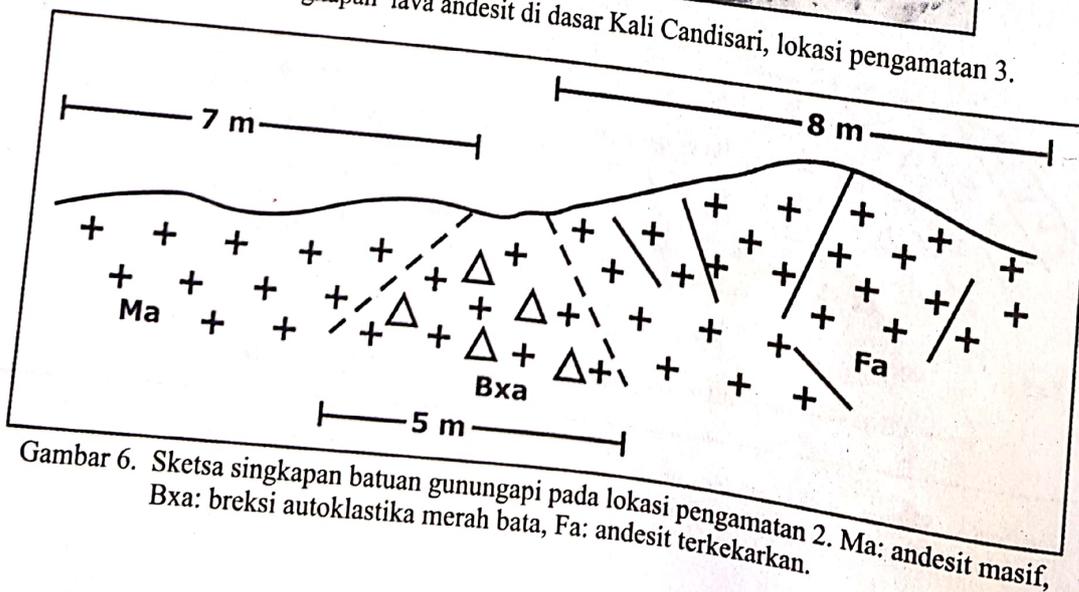
Gambar 3. Sketsa singkapan batuan gunungapi pada lokasi pengamatan 1. Tef: tuf lapili batuapung, Bxp: breksi piroklastika, Bxa: breksi autoklastika dan Clo: konglomerat.



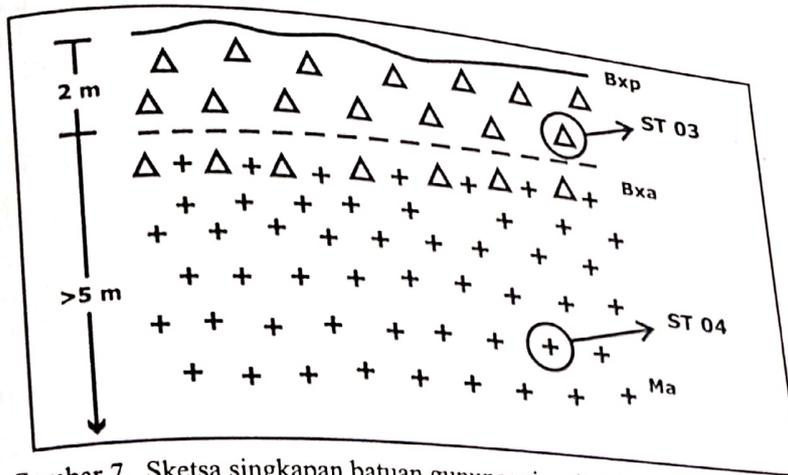
Gambar 4. Singkapan breksi autoklastika di dasar Kali Candisari, lokasi pengamatan 3.



Gambar 5. Singkapan lava andesit di dasar Kali Candisari, lokasi pengamatan 3.



Gambar 6. Sketsa singkapan batuan gunungapi pada lokasi pengamatan 2. Ma: andesit masif, Bxa: breksi autoklastika merah bata, Fa: andesit terkekarkan.



Gambar 7. Sketsa singkapan batuan gunungapi pada lokasi pengamatan 3. Bxp: breksi piroklastika, Bxa: breksi autoklastika, Ma: andesit massif, ST03: contoh bom gunungapi, ST04: contoh lava andesit.



Gambar 8. Singkapan breksi piroklastika pada lokasi pengamatan 1.



Gambar 9. Bom gunungapi di dalam breksi piroklastika di lokasi pengamatan 3.

U30°T. Di lokasi 6 dan 7, Dusun Candisari, bongkah andesit mencapai diameter maksimum masing-masing 2,50 - 2,75 m, sedangkan di lokasi 8 dan 9, Dusun Losari, bongkah andesit mencapai 3,0 - 8,0 m (Gbr. 10).

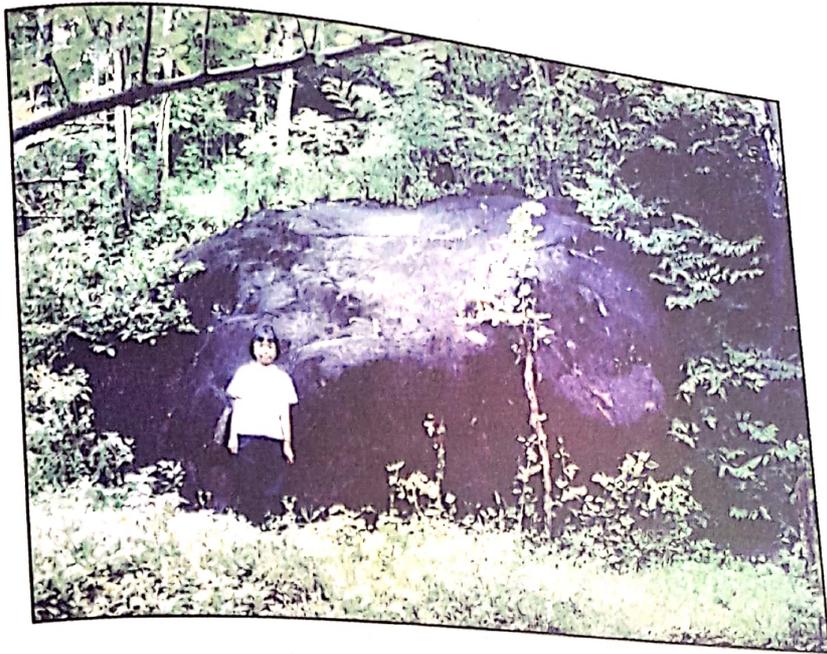
Secara petrografi, bom gunungapi berwarna abu-abu hitam bertekstur afanitik sampai porfiritik halus. Fenokris plagioklas dan piroksen tertanam di dalam masadasar yang tersusun oleh gelas, mikrolit plagioklas, piroksen dan mineral opak berbutir sangat halus. Fenokris berbutir 1-2 mm terdiri dari plagioklas (15-20%), lebih tersebar merata dibanding piroksen (lk. 5%) dengan membentuk kristal subhedral, berstruktur zoning normal dan mengandung inklusi gelas gunungapi. Matriks breksi piroklastika mengandung banyak kristal plagioklas tetapi sedikit fragmen batuan dan gelas sehingga dapat dinamakan sebagai tuf kristal.

Di sepanjang Sungai Candisari, lokasi 2-4, juga dijumpai bongkah-bongkah batuan ubahan hidrotermal berukuran butir 35 - 90 cm, tersusun oleh silika dan propilit. Bongkah batuan ubahan dengan komposisi silika tersebut berwarna putih, abu-abu, hitam dan merah daging sangat keras. Sementara bongkah propilit berwarna hijau, banyak mengandung klorit dan pirit. Bongkah-bongkah batuan ubahan yang lebih kasar dijumpai di lokasi 6 bersama-sama dengan bongkah andesit segar meruncing tanggung. Urat-urat kuarsa dan pirit lebih sering dijumpai di daerah Candisari ini. Pada lokasi 6, di antara bongkah-bongkah andesit segar dan batuan ubahan terdapat juga bongkah konglomerat yang sangat masif dan keras berukuran 80 - 120 cm. Fragmen di dalamnya sangat membulat berdiameter 1,5 - 8 cm terdiri dari andesit basal dan basal yang dapat dibandingkan dengan lava basal di Watuadeg, Kali Opak yang terletak sekitar 4 km di sebelah barat Desa Wukirharjo. Konglomerat ini juga sudah teralterasi dan bahkan di dalamnya terdapat urat kuarsa berwarna putih dan tebal 3 - 8 mm.

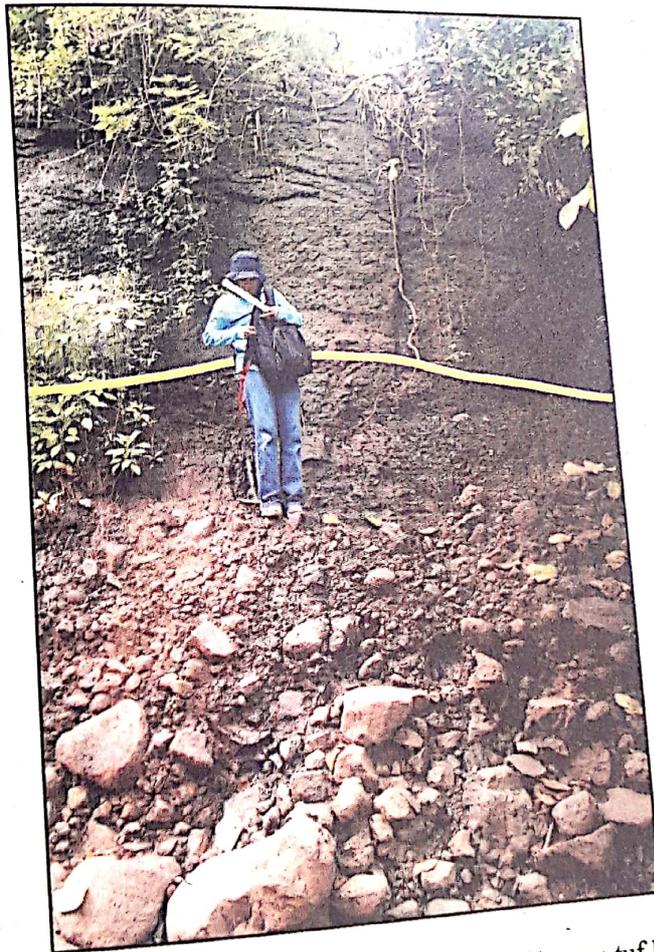
Di tebing sungai, lokasi pengamatan 4 (Gbr. 11 dan 12) sebagian fragmen masih meruncing tanggung sehingga lebih tepat disebut breksi konglomeratan (*conglomeratic breccias*). Batuan itu berselang-seling atau menjari dengan batupasir dimana batas kontak di antara keduanya sering tidak teratur atau terjadi perubahan secara berangsur. Di dalam breksi konglomeratan tersebut selain fragmen andesit

kadang-kadang dijumpai fragmen batugamping koral dan batusabak. Di bagian atas, tepat di bawah tuf lapili batuapung, di dalam batupasir dijumpai serpih yang masih berbentuk meruncing sebagai indikasi bahwa fragmen tersebut merupakan hasil rombakan batuan lebih tua dengan lokasi asal sangat dekat. Analisis paleontologi terhadap contoh batupasir menunjukkan kandungan fosil foraminifera yang sangat jarang. Fosil foraminifera plangton yang ada yaitu *Globoquadrina dehiscens* (CHAPMAN, PARR & COLLIN) memberikan kisaran umur Miosen sangat panjang (N5-N18). Fosil foraminifera bentos terdiri dari *Amphistegina Lessonii* D'ORBIGNY dan *Operculina Complanata* DEFRANCE yang menjadi petunjuk lingkungan pengendapan di laut neritik tepi sampai neritik tengah dengan kedalaman antara 0 - 100 m. Dari data tersebut diperkirakan bahwa batuan epiklastika gunungapi itu diendapkan di dalam alur bawah laut (*submarine channels*) di lingkungan laut dangkal.

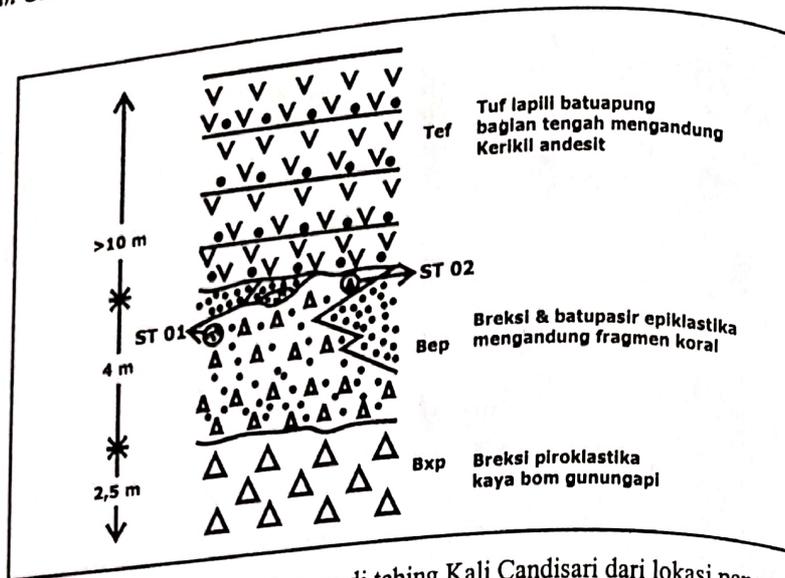
Litologi paling atas adalah perlapisan tuf lapili batuapung yang mempunyai ketebalan antara 2 - 5 m; ukuran butir beragam dari fraksi halus (tuf), fraksi sedang (batulapili) dan fraksi kasar (breksi batuapung) dengan pemilahan buruk. Namun demikian ketiganya sangat banyak mengandung komponen batuapung. Fraksi kasar, seperti batuapung pejal (*dense pumice*) dan andesit terkonsentrasi di bagian bawah perlapisan sehingga membentuk struktur perlapisan pilihan normal; tetapi tidak jarang fraksi kasar itu terkonsentrasi di bagian tengah perlapisan sedangkan ke bawah dan ke atas ukuran butirnya menghalus. Fragmen batuapung yang ringan (*light pumice*) kadang-kadang terkonsentrasi di bagian atas perlapisan sehingga ke arah bawah membentuk struktur perlapisan pilihan terbalik. Kelompok batuan ini tidak mengandung bahan karbonat, tetapi di bagian dasar di dekat kontak dengan breksi konglomeratan, kadang-kadang dijumpai fragmen batugamping koral. Kenyataan itu menunjukkan bahwa tefra kaya batuapung ini berasal dari endapan gunungapi yang mengalami sedimentasi sangat cepat sambil membawa fragmen batugamping koral yang berasal dari daerah pantai atau lingkungan laut dangkal. Dengan tidak dijumpai komponen asal laut dalam maka sedimentasi tefra kaya batuapung tersebut mungkin sebagai bahan piroklastika yang masuk



Gambar 10. Bongkah andesit berukuran 8 m di lokasi pengamatan 8, tepi pertigaan jalan Dusun losari, Desa Wukirharjo menuju Candi Ijo dan Sendang Sriningsih.



Gambar 11. Kontak breksi konglomeratan (bawah) dengan tuf lapili batuapung (atas) di tebing Kali Candisari, lokasi pengamatan 4.



Gambar 12. Sketsa singkapan batuan di tebing Kali Candisari dari lokasi pengamatan 4 ke hilir (kanan, barat), Bxp: breksi piroklastika, Bep: breksi epiklastika, Tef: tuf lapili batuapung, ST: lokasi pengamatan.

dan diendapkan di lingkungan laut dangkal.

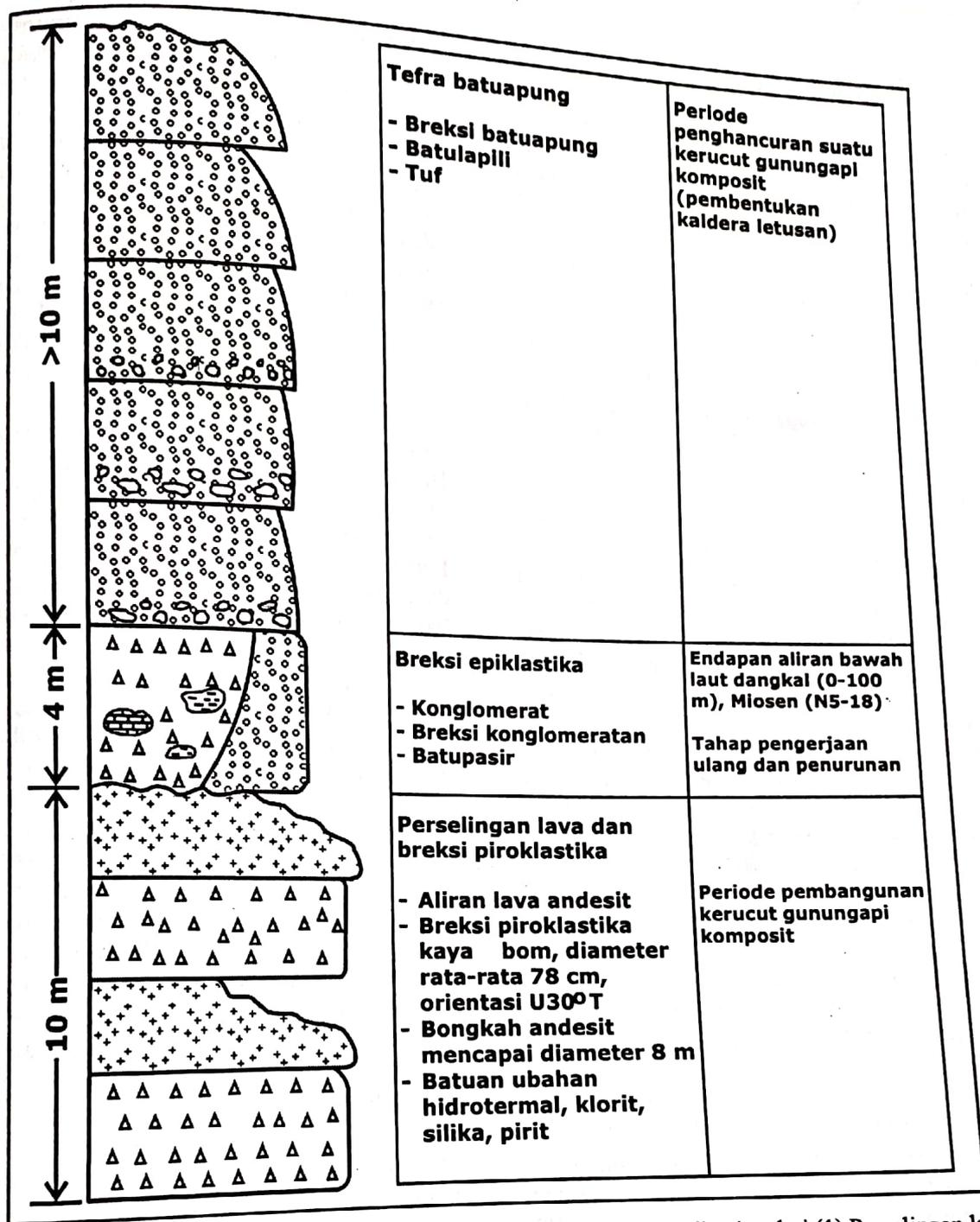
Dari uraian stratigrafi tersebut di atas maka batuan gunungapi di daerah penelitian dapat dikelompokkan menjadi 3 satuan batuan, mulai dari tua ke muda adalah (1). Lava dan breksi piroklastika, (2) Breksi epiklastika, dan (3) tefra batuapung (Gbr. 13). Satuan batuan pertama terdiri dari perselingan aliran lava dan breksi piroklastika berkomposisi andesit. Satuan batuan kedua tersusun oleh breksi, breksi konglomeratan dan batupasir yang secara dominan juga berkomposisi andesit, sedang satuan batuan ketiga berupa tuf, batulapili dan breksi batuapung.

## PEMBAHASAN

Mengacu pada kegiatan gunungapi masa kini, maka aliran lava dan breksi piroklastika kaya bom gunungapi berkomposisi andesit di daerah penelitian dapat dipastikan sebagai hasil kegiatan gunungapi pada jaman Tersier. Aliran lava andesit adalah hasil erupsi lelehan, sedangkan breksi piroklastika yang banyak mengandung bom gunungapi dihasilkan oleh erupsi letusan. Perselingan aliran lava dan breksi piroklastika tersebut mencerminkan kegiatan pada tahap pembangunan dari suatu kerucut gunungapi komposit pada waktu itu. Hal ini dapat dibandingkan dengan kegiatan kerucut gunungapi komposit aktif masa kini seperti halnya G. Merapi, G. Sumbing dan G. Sindoro di Jawa Tengah.

Bagian luar dari aliran lava membentuk

breksi autoklastika yang mana fragmen dan masa dasarnya mempunyai komposisi sama, yakni andesit. Hal ini dapat dijelaskan melalui dua cara. Pertama, lava itu mengalami pembekuan sangat cepat pada saat mengalir dipermukaan sehingga ada bagian yang sudah membeku lebih dahulu, utamanya bagian luar atau tepi aliran, sementara sebagian lagi masih berupa cairan. Bagian yang sudah membeku lebih dahulu itu kemudian membentuk fragmen sedang cairan lava yang membeku kemudian membentuk masa dasar. Aliran lava semacam ini dikenal dengan nama aliran lava bongkah (*blocky lava flows*; Macdonald, 1972; McPhie dkk., 1993). Kemungkinan kedua, lava mengalir melalui lembah sungai yang banyak mengandung kerakal andesit dan berair sedikit, sehingga bahan rombakan dari batuan tua itu masuk ke dalam tubuh aliran lava membentuk fragmen, sebagai bahan senolit, sedangkan cairan lava sendiri membentuk masa dasar. Sekalipun komposisi antara fragmen dan masa dasar sama, yaitu andesit, kedua proses itu seringkali dapat dibedakan. Di dalam proses pertama, umumnya fragmen berbentuk meruncing dan tidak menunjukkan reaksi tepi, sedangkan di dalam proses kedua, umumnya fragmen membulat dan memperlihatkan reaksi tepi. Namun dalam banyak hal, keduanya dapat dijumpai di dalam suatu tubuh aliran lava. Dari analisis tersebut, didukung dengan struktur bekas lubang gas baik di dalam aliran lava maupun pada fragmen bom gunungapi di dalam breksi piroklastika, serta adanya warna merah bata hasil oksidasi di dalam



Gambar 13. Penampang tiga satuan batuan gunungapi di daerah Candisari, yakni (1) Perselingan lava dan breksi piroklastika, (2) Breksi epiklastika dan (3) Tefra batuapung.

tubuh aliran lava maka diinterpretasikan bahwa aliran lava dan breksi piroklastika berkomporsi andesit tersebut diendapkan di darat.

Pada umumnya lava andesit mengalir tidak jauh dari sumbernya. Berdasarkan pengamatan terhadap kegiatan gunungapi aktif masa kini, lava mengalir pada radius 5 km dari sumber erupsi (fasies pusat gunungapi) dan tersebar di fasies proksi atau pada lereng atas suatu kerucut gunungapi komposit. Sementara

itu bom gunungapi di dalam breksi piroklastika berdiameter rata-rata 78 cm dan maksimum mencapai 175 cm, bongkah andesit mempunyai ukuran butir 2,50 - 2,75 m (lokasi 6 dan 7) serta 3,0 - 8,0 m (lokasi 8 dan 9). Bongkah-bongkah batuan ubahan hidrotermal juga sangat kasar (35 90 cm di lokasi 2, 3 dan 4; 0,5 - 1,0 m di lokasi 6 dan 90-160 cm di lokasi 9). Seluruh data tersebut mengindikasikan bahwa batuan gunungapi ini diendapkan sangat dekat dengan sumber

erupsinya. Beksi piroklastika yang mengandung banyak bom gunungapi itu belum dapat dipastikan sebagai endapan jatuhnya piroklastika (aglomerat) atau endapan aliran piroklastika. Aglomerat yang mengandung bom gunungapi dengan diameter butir sangat kasar seperti itu biasanya akan dijatuhkan di sekeliling kawah gunungapi, tetapi apabila termasuk endapan aliran piroklastika maka juga hanya mengalir kurang dari 10 km dari sumbernya. Penjajaran blok dan bom gunungapi pada lokasi 5 menunjukkan arah  $U30^{\circ}T$  dan ada kecenderungan bongkah andesit dan batuan ubahan mengkasar dari Dusun Candisari ke Dusun Losari di sebelah timur. Data ini memberikan petunjuk bahwa sumber erupsi batuan gunungapi tersebut terletak di sebelah timur-timurlaut daerah penelitian.

Sekalipun tidak banyak, ditemukannya bongkah konglomerat sangat masif-keras, teralterasi dan terdapat urat kuarsa, serta mengandung fragmen basal sebanding dengan lava basal berstruktur bantal di Watuadeg juga sangat menarik untuk dicermati. Bongkah konglomerat ini diperkirakan berasal dari batuan sedimen tua di bawah gunungapi yang dilontarkan bersama-sama dengan bongkah batuan ubahan dan bom gunungapi pada waktu terjadi letusan. Proses alterasi dan pembentukan urat terjadi sewaktu batuan tersebut masih di bawah permukaan di mana terjadi reaksi antara bahan volatile mengandung unsure logam dari magma yang panas dan air tanah sehingga menghasilkan fluida hidrotermal dan mineralisasi yang di lapangan diindikasikan adanya pirit.

Penemuan adanya perselingan antara aliran lava andesit dengan breksi piroklastika yang banyak mengandung bom gunungapi di Dusun Candisari ini menambah informasi sebelumnya yang sudah dijumpai di lereng selatan Pegunungan Baturagung, yaitu di K. Ngalang dan K. Pentung (Bronto dkk., 1998; 1999; Hartono, 2000). Data tersebut menunjukkan bahwa sebagian dari Perbukitan Prambanan dan Pegunungan Baturagung merupakan sisa dari suatu kerucut gunungapi komposit yang berumur Tersier. Persoalannya adalah apakah pada jaman Tersier itu antara batuan gunungapi di daerah Wukirharjo dan lereng selatan Pegunungan Baturagung merupakan bagian dari suatu kerucut gunungapi komposit yang sangat besar, atau merupakan

kerucut-kerucut gunungapi komposit yang terpisah satu dengan lainnya. Demikian pula apakah gunungapi itu aktif pada umur yang sama atau berbeda-beda.

Berdasarkan umur dari satuan batuan di atasnya, yaitu N5-N18, maka aliran lava dan breksi piroklastika tersebut terbentuk sebelum Miosen Awal. Dengan demikian, baik secara ciri litologi maupun umur pembentukannya, satuan batuan gunungapi ini tidak dapat dimasukkan sebagai bagian dari Formasi Semilir. Perselingan lava dan breksi piroklastika di Desa Wukirharjo secara ciri litologi lebih mirip dengan batuan penyusun Formasi Nglanggeran yang secara stratigrafi menumpang di atas Formasi Semilir. Berdasar ciri litologi umum, satuan batuan gunungapi itu juga berbeda dengan bahan penyusun Formasi Kebo-Butak di bawah Formasi Semilir. Batuan gunungapi primer di dalam Formasi Kebo-Butak berupa aliran lava, batuan piroklastika, retas dan sill berkomposisi basal (Bronto dkk., 2002; 2004), sebagian berstruktur bantal. Satuan batuan gunungapi di daerah Wukirharjo ini lebih sesuai jika dibandingkan dengan Formasi Mandalika di daerah Wonogiri (Suroso dkk., 1992), yakni tersusun oleh perselingan lava dan breksi andesit serta secara stratigrafi terletak di bawah Formasi Semilir. Akan tetapi karena letaknya yang sangat berjauhan maka diperkirakan bahwa batuan gunungapi di Wukirharjo mempunyai sumber erupsi yang berbeda dengan batuan gunungapi di Wonogiri. Batuan ini juga dapat dibandingkan dengan kelompok batuan gunungapi di daerah Parangtritis yang oleh Soeria-Atmadja dkk. (1994) diusulkan sebagai bagian dari Formasi Kebo-Butak. Apabila hal terakhir itu dapat dibedakan di lapangan maka secara litostratigrafi (Komisi SSI, 1996) dimungkinkan untuk mengusulkan suatu nama formasi baru untuk batuan gunungapi tersebut yang umurnya sebanding dengan Formasi Kebo-Butak.

Gunungapi komposit pembentuk satuan aliran lava dan breksi piroklastika di Wukirharjo agaknya berhenti dengan terbentuknya satuan batuan breksi gunungapi epiklastika di atasnya. Pengendapan batuan epiklastika gunungapi, berupa breksi konglomeratan, konglomerat dan batupasir, di atas satuan aliran lava dan breksi piroklastika bukan sekedar waktu istirahat panjang dari suatu kerucut gunungapi. Apalagi di dalam satuan batuan epiklastika itu terdapat material karbonat dan bahan non gunungapi

lainnya, diendapkan di lingkungan laut dangkal serta mengandung fosil yang mempunyai kisaran hidup sangat panjang (N5-N18). Data tersebut lebih mengindikasikan bahwa gunungapi itu telah mati dan mengalami erosi lanjut dalam waktu sangat lama dan tidak menutup kemungkinan diikuti kegiatan tektonika ataupun penurunan cekungan. Interpretasi ini agakny selaras dengan temuan Bapak W. Rahardjo (komunikasi lisan) di daerah Manyaran bahwa Formasi Kebo-Butak di daerah itu sudah terpengaruh oleh kegiatan tektonika sebelum Formasi Semilir diendapkan. Kontak tidak selaras antara Formasi Semilir dengan batuan di bawahnya juga ditunjukkan adanya breksi alas di atas lava basal berstruktur bantal di bawah tuf-lapili batuapung di Kali Opak, Watuadeg (Bronto dan Mulyaningsih, 2001) yang terletak hanya sekitar 4 km di sebelah barat Desa Wukirharjo. Bahkan dengan dijumpainya bongkah konglomerat yang mengandung lava basal sebanding dengan lava basal Watuadeg serta lava bantal Watuadeg itu berumur  $56,32 \pm 3,8$  juta tahun yang lalu (Paleosen, Ngkoimani dkk., 2004), maka di antara perioda volkanisme Watuadeg dengan Wukirharjo juga terdapat ketidak selarasan yang lebih tua.

Pada akhir pengendapan satuan breksi epiklastika, diperkirakan di tempat lain ada suatu kerucut gunungapi komposit yang sedang mengalami masa istirahat panjang. Selama itu magma di bawah permukaan sedang mengalami diferensiasi lanjut dari andesit basal atau andesit silika rendah membentuk andesit silika tinggi atau bahkan dasit. Sejalan dengan proses diferensiasi magma tersebut maka bahan volatil/gas semakin terakumulasi dan bertekanan kuat. Pada saat tekanan gas di dalam magma sudah lebih besar dari tekanan batuan gunungapi penudung di atasnya maka terjadilah letusan gunungapi yang sangat dahsyat pada akhir masa istirahat panjang. Kegiatan gunungapi yang sangat eksplosif ini dikenal sebagai tahap penghancuran (*destructive event*) dari suatu kerucut gunungapi komposit atau dikenal sebagai fase pembentukan kaldera letusan, seperti halnya Kaldera Krakatau 1883 atau bahkan Kaldera Toba di Sumatra Utara. Karena komposisi magma lebih asam dan banyak mengandung gas, maka bahan letusan mempunyai ukuran butir beragam dari abu, lapili hingga bom/blok gunungapi serta banyak mengandung batuapung dengan volume total lebih dari  $0,3 \text{ km}^3$  (Simkin,

1993). Endapan piroklastika hasil letusan kaldera gunungapi ini secara primer disebut tefra kaya batuapung. Karena masih bersifat lepas, atau bahkan jatuh di dalam tubuh air (laut) sebagian endapan piroklastika ini mengalami pengerjaan ulang sebagai endapan epiklastika gunungapi namun sifat-sifat fisik aslinya masih belum banyak berubah. Tefra kaya batuapung ini, baik yang merupakan endapan primer maupun yang sudah mengalami pengerjaan ulang segera setelah diendapkan, kemudian menjadi batuan penyusun Formasi Semilir.

## KESIMPULAN

Batuan gunungapi di Dusun Candisari, Desa Wukirharjo, secara stratigrafi dibagi menjadi tiga satuan, yaitu (1) Perselingan lava dan breksi piroklastika, (2) Breksi epiklastika, dan (3) Tefra batuapung. Satuan batuan pertama mencerminkan suatu kegiatan tahap pembangunan sebuah kerucut gunungapi komposit berkomposisi andesit, tersusun oleh perselingan aliran lava dan breksi piroklastika kaya bom gunungapi. Bom dan blok gunungapi masing-masing berdiameter butir rata-rata 15 - 20 cm (maksimum 40 cm) dan 78 cm (maksimum 8 m), menunjukkan penjajaran dengan arah sumbu terpanjang  $U30^{\circ}T$ . Data tersebut bersamasama dengan banyaknya bongkah batuan ubahan hidrotermal mengindikasikan bahwa sumber erupsi gunungapi terletak sangat dekat di sebelah timur-timurlaut daerah penelitian. Satuan batuan kedua terbentuk sebagai hasil pengerjaan ulang pada saat kerucut gunungapi komposit itu telah mati dan mengalami erosi lanjut. Satuan batuan ini terdiri dari breksi, breksi konglomeratan mengandung fragmen koral dan batuan non gunungapi lainnya, serta batupasir yang diendapkan di lingkungan laut dangkal. Satuan batuan ketiga mengindikasikan pembentukan kaldera letusan sebagai tahap penghancuran kerucut gunungapi komposit.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan selesainya penyusunan makalah ini penulis mengucapkan terimakasih kepada sdri. B. Astuti, staf pengajar Teknik Geologi, STTNas Yogyakarta yang telah membantu pekerjaan di lapangan. Ucapan terimakasih juga kami tujukan kepada Bapak Ir. Wartono Rahardjo, staf pengajar Teknik Geologi, UGM

Yogyakarta, atas masukan selama diskusi di lapangan maupun kritik dan saran yang diberikan selama penyusunan makalah ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bothe, A. Ch. D., 1929, Djiwo Hills and Southern Ranges, Excursion Guide, ivth Pacific Science Congress, Bandung, 23.
- Bronto, S., G. Hartono dan B. Astuti, 2004, Hubungan antara batuan beku intrusi dan ekstrusi di Perbukitan Jiwo, Kecamatan Bayat, Klaten Jawa Tengah, *Majalah Geologi Indonesia*, v. 19, n. 3, 147-163.
- Bronto, S., G. Hartono dan D. Purwanto, 1998, Batuan longsoran gununggapi Tersier di Pegunungan Selatan: Studi kasus di Kali Ngalang, Kali Putat dan Jentir, Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta, *Prosiding PIT XXVII IAGI*, Yogyakarta, 8-9 Agustus, 344-349.
- Bronto, S. and S. Mulyaningsih, 2001, Volcanostratigraphy development from Tertiary to Quaternary: A case study at Opak River, Watuadeg-Berbah, Yogyakarta, abstract, *30<sup>th</sup> Ann. Conv. IAGI & 10<sup>th</sup> Geosea Reg. Cong.*, Sept. 10-12, Yogyakarta, 158.
- Bronto, S., S. Pambudi and G. Hartono, 2002, The Genesis of Volcanic sandstones Associated with Basaltic Pillow Lavas: A Case Study at the Djiwo Hills, Bayat Area (Klaten, Central Java), *J. Geol. dan Sumber Daya Mineral*, v. XII, n. 131, 2-16.
- Bronto, S., W. Rahardjo dan G. Hartono, 1999, Penelitian gununggapi purba di kawasan Kali Ngalang, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta serta Implikasinya terhadap pengembangan sumber daya geologi, Prosid. Seminar Nasional, Sumber Daya Geologi 40 th., Jur. Teknik Geologi, FT-UGM, Yogyakarta, 222-227.
- Hartono, G., 2000, Studi Gununggapi Tersier: Sebaran Pusat Erupsi dan Petrologi di Pegunungan Selatan Yogyakarta, tesis magister, Program Pasca Sarjana, ITB, Bandung, 168 (tidak terbit).
- Komisi Sandi Stratigrafi Indonesia, 1996, *Sandi Stratigrafi Indonesia*, IAGI, Jakarta, 25.
- Macdonald, G.A., 1972, *Volcanoes*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 510 p.
- McPhie, J., Doyle, M. & Allen, R., 1993, *Volcanic Textures. A guide to the interpretation of textures in volcanic rocks*, Centre for Ore Deposit and Exploration Studies, Univ. of Tasmania, Australia, 196 p.
- Ngkoimani, L., S. Bijaksana, H. Utoyo dan S. Permanadewi, 2004, Data Baru Umur Absolut Batuan Beku dari Daerah Yogyakarta dengan Metoda K-Ar, Lokakarya Stratigrafi Paleogen Jawa, UGM, Yogyakarta, tgl. 28 September 2004.
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi, dan H.M.D. Rosidi, 1977, *Geologi Lembar Yogyakarta*, Jawa, skala 1 : 100.000, *Direktorat Geologi*, Bandung.
- Saleh, H., 1977, *Geologi daerah Wuryantoro*, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah, Tesis S1, Teknik Geologi, FT-UGM, Yogyakarta (tidak terbit).
- Samodra, H. dan K. Sutisna, 1997, *Peta Geologi Lembar Klaten Jawa Tengah*, skala 1 : 50.000, *Puslitbang Geologi*, Bandung.
- Simkin, T., 1993, Terrestrial Volcanism in Space and Time, *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 21, 427-452.
- Soeria-Atmadja, R., R.C. Maury, H. Bellon, H. Pringgoprawiro, M. Polve and B. Priadi, 1994, Tertiary magmatic belts in Java, *J. SE Sci.*, 9, n.1-2, 13-27.
- Sudarminto, 1982, *Geologi daerah Song Putri dan sekitarnya*, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah, Tesis S1, Teknik Geologi, FT-UGM, Yogyakarta (tak terbit).
- Sumarso and T. Ismoyowati, 1975, A contribution to the stratigraphy of the Jiwo Hills and their southern surroundings, *ivth IPA Conv.*, Jakarta.
- Surono, B. Toha, I. Sudarno and S. Wiryosuyono, 1992, *Geologi lembar Surakarta-Giritontro*, Jawa, skala 1 : 100.000, *Puslitbang Geologi*, Bandung.
- Van Bemmelen, R.W., 1949, *The Geology of Indonesia*, vol. IA, Martinus Nijhoff, the Hague, 732.