# FORMASI SEMILIR DI PEGUNUNGAN SELATAN, JAWA TENGAH SUATU HASIL LETUSAN DAHSYAT GUNUNG API MIOSEN

**Surono[1] dan M.A.Puspa[2]**

[1]Pusat Survei Geologi, Bandung
[2]Schlumberger Geophysics Nusantara

## INTISARI

Formasi Semilir tersingkap luas di sepanjang Pegunungan Selatan, pantai selatan Jawa bagian tengah. Formasi, yang memainkan peran penting dalam stratigrafi dan magmatisme di daerah tersebut, dialasi secara selaras oleh Formasi Kebo-Butak dan bagian atasnya ditindih oleh Formasi Nglanggran.

Formasi Semilir didominasi oleh batuan vulkanik berupa tuf kristal, tuf lapili, dan breksi batuapung. Bagian bawah dari formasi ini tersusun oleh batupasir berupa *lithic-feldspathic wackes*. Lempung gampingan di bagian bawah mengandung fosil foraminifera dan nanno, mengindikasikan lingkungan laut dan umur Miosen Awal (NN3). Bagian atas terdiri atas breksi batuapung dan breksi batuapung andesitan. Di beberapa tempat di bagian atas terdapat beberapa lensa tipis lignit dan fosil kayu. Di bagian atas, menunjukkan penyebaran ekstensif dari *grain-flow sediment*. Bagian ini diinterpretasikan sebagai endapan terestrial. Berdasarkan penentuan umur dengan jejak belah pada sirkon di breksi batuapung menunjukkan umur 17.0 $\pm$ 0 juta tahun dan 16.0 $\pm$ 1.0 juta tahun atau akhir Miosen Awal.

Lingkungan pengendapan Formasi Semilir menunjukkan pendangkalan ke arah atas, yang semula laut dangkal berubah menjadi darat. Fasies breksi batuapung dan breksi batuapung andesitan diendapkan dalam waktu yang relatif singkat. Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan kegunungapian meningkat pesat pada saat pengendapan bagian atas formasi. Erupsi besar yang membentuk Formasi Semilir diduga berpusat di Cekungan Baturetno.

## PENDAHULUAN

Formasi Semilir, bagian dari satuan batuan di Pegunungan Baturagung, merupakan himpunan batuan gunung api (piro- dan epi-klastika) Neogen. Pegunungan Baturagung, Pegunungan Gajahmungkur dan Gunung Sewu (Sartono, 1964) merupakan bagian tengah rangkaian Pegunungan Selatan di Pulau Jawa. Nama Formasi Semilir diberikan oleh Bothe (1929) untuk satuan tuf yang tersingkap baik di Gunung Semilir, selatan Klaten, Jawa Tengah. Formasi Semilir, yang didominasi oleh tuf, breksi batuapung, tuf pasiran dan breksi, menyebar luas di Pegunungan Selatan, mulai dari ujung barat Pegunungan Baturagung (Parangtritis, Jogyakarta) sampai ke wilayah Kabupaten Pacitan. Sebagian besar formasi ini merupakan batuan piroklastika.

Tulisan ini merupakan salah satu hasil kerjasama Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral dengan Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.

## METODE

Metode penelitian menggunakan analisis penampang terukur di lapangan dan analisis laboratorium. Penentuan umur dilakukan dengan cara analisis paleontologi serta penarikhan umur mutlak metode jejak belah (*fission track*). Untuk mendukung tulisan ini, 40 percontoh batuan telah dianalisis secara petrografi, 4 di antaranya dianalisis paleontologi dan 4 lainnya ditentukan umur mutlaknya dengan metode jejak belah.

## STRATIGRAFI REGIONAL

Rangkaian Pegunungan Baturagung, Pegunungan Gajahmungkur dan Perbukitan Seribu (Gunung Sewu) membentang dari Parangtritis, Bantul, Yogyakarta sampai Teluk Pacitan, Pacitan, Jawa Timur. Secara umum perlapisan batuan penyusun ketiganya miring ke arah selatan.

Pada ketiga pegunungan ini satuan batuan tertua adalah Formasi Kebo-Butak yang terdiri atas bagian bawah yang disebut *Kebo Beds* dan bagian atas disebut *Butak Beds* (Bothe, 1929). Bagian bawah tersusun oleh perselingan batupasir, batulanau dan batulempung, setempat dijumpai lava bantal dan retas. Bagian atas berupa perulangan batupasir konglomeratan yang menghalus ke atas menjadi batulanau atau batulempung. Fomasi Kebo-Butak, yang sebagian besar merupakan endapan turbidit ini berumur Oligosen atau N2-N3 (Sumarso dan Ismoyowati, 1975). Smith (2005) melakukan penarihkan U-Pb pada formasi ini dan menghasilkan umur 29 $\pm$ 1,4 juta tahun lalu atau berdasarkan foraminifera akhir Oligosen Akhir (N2-N3; Sumarso & Ismoyowati, 1975; van Gorsel dkk., 1987). Formasi Kebo-Butak dipercaya ditindih secara selaras Formasi Semilir.

Formasi Semilir tersebar luas pada rangkaian Pegunungan Baturagung dan Gajahmungkur. Menurut Hartono (2000) di bagian timur formasi ini didominasi oleh tuf yang berkomposisi dasitik, sedangkan bagian baratnya lebih berkomposisi andesitik. Secara selaras Formasi Semilir tertindih oleh Formasi Nglanggran yang terdiri atas breksi gunung api dan setempat lava andesit dan tuf. Formasi Nglanggran diendapkan secara cepat di lingkungan laut pada Miosen Awal, tepatnya N4 (Sumarso dan Ismoyowati, 1975; Rahardjo, 2004). Hal ini sesuai dengan hasil penarikhan yang dilakukan oleh Smith (2005) dengan metode U-Pb yakni 19 dan 20 juta tahun lalu. Formasi Nglanggran ditindih selaras oleh Formasi Sambipitu yang berupa seri endapan turbidit, batupasir yang ke arah atas berangsur menjadi batulempung. Pada bagian bawah Formasi Sambipitu masih terdapat bahan asal gunung api. Umur Formasi Sambipitu berdasarkan kandungan foraminiferanya adalah N4-N8 (Kadar, 1986).

Runtunan endapan sesudah Formasi Sambipitu didominasi batuan karbonat, yang secara berurutan terdiri atas Formasi Oyo, Formasi Wonosari dan Formasi Kepek. Secara setempat ke tiganya disisipi tuf dan batulempung. Di selatan Cekungan Baturetno sampai ke daerah Pacitan, Formasi Wonosari yang didominasi oleh batugamping berlapis berubah menjadi batugamping terumbu. Ketiga formasi ini diendapkan di laut yang semakin dangkal ke atas mulai Miosen Tengah sampai Pliosen atau N9-N19 (Surono dkk., 1992; Rahardjo, 2004).

## LITOLOGI

Seperti telah diuraikan di depan bahwa Formasi Semilir didominasi oleh tuf lapili dan breksi batuapung. Di beberapa tempat terutama bagian bawah, dijumpai sedimen klastika halus batulempung dan batupasir. Di sekitar Cekungan Baturetno, Wonogiri, penyebaran terluas Formasi Semilir dijumpai di sekitar Desa Sendang, Kecamatan Wuryantoro. Berdasarkan tekstur dan struktur batuan penyusunnya, Formasi Semilir di daerah penelitian dapat dibagi menjadi (dari tua ke muda) empat fasies: batupasir, tuf lapili, breksi batuapung dan breksi batuapung andesitan.

### Fasies Batupasir

Pada lokasi penambangan Desa Sendang di pinggir jalan raya Wonogiri-Wuryantoro, fasies batupasir tersingkap dengan ketebalan lebih-kurang 7,5m, terdiri atas perselingan *lithic wacke* dan *feldspathic wacke*. Pada fasies ini dijumpai struktur perarian sejajar (*parallel lamination*), perarian bergelombang (*wavy lamination*) dan perarian silang (*cross lamination*). Setempat struktur pembebanan (*loadcast*) ditemukan. Perarian arang dengan ketebalan berkisar antara 0,2 – 0,75cm dan lapisan batupasir halus berwarna coklat kekuningan dengan bau belerang ditemukan sebagai lapisan tipis yang menerus. Batulempung gampingan banyak ditemukan sebagai fragmen maupun bongkah dalam batupasir tuf pada fasies ini (Foto 1). Sebagian batulempung gampingan ini menunjukkan *burrows* yang intensif.

Hasil analisis petrografi *lithic wacke* menunjukkan bahwa fragmennya berukuran 0,1-2mm, agak membulat dengan pemilahan cukup baik, terdiri atas batuapung (30-55%), batulempung (0-5%), plagioklas (10-15%), kuarsa (5-10%) dan kaca (20-48%). Sementara itu, fragmen *feldsphatic wacke* berukuran 0,1 – 0,5mm, agak membulat dengan pemilahan sedang-baik, terdiri atas plagioklas (25%), batuapung (15%), batulempung (5%), kuarsa (15-20%), piroksen (10%), lignit (5%), kaca (0-15%), dan mineral *opaque* (5%).

Komposisi pembentuk fasies ini, yang didominasi oleh fragmen batuapung, magmanya diduga bersifat andesitik atau reolitik. Kekentalan magma yang tinggi menyebabkan tipe erupsi bersifat eksplosif. Pusat erupsi diduga di darat, hal ini didukung oleh banyaknya temuan fragmen arang (Foto 2). Fragmen arang tersebut diduga berasal dari tetumbuhan di lereng gunung api yang terbakar akibat tingginya temperatur rempah gunung api, kemudian terbawa dan diendapkan di laut bersama rempah gunung api.

Berdasarkan adanya struktur sedimen perarian sejajar, perarian silang dan perarian bergelombang; fasies ini boleh jadi diendapkan pada ujung suatu arus turbit dimana masa air lebih dominan sehingga arus traksi sudah mulai berkembang. Adanya fragmen dan bongkah batulempung gampingan yang terjebak dalam fasies ini (Foto 2) menunjukkan bahwa arus turbit tersebut menggerus dan membawa sebagian endapan batulempung gampingan, kemudian diendapkan bersama rempah gunung api itu di laut yang lebih dalam. Dengan demikian, erupsi bersifat eksplosif di darat menghasilkan rempah gunung api yang kemudian terendapkan di laut. Kecepatan pasokan sedimen yang cukup tinggi menyebabkan terbentuknya lereng curam yang menghadap ke laut. Kondisi lereng yang curam ditambah adanya getaran volkanis/tektonik, memicu terjadinya longsoran yang menggerus batulempung gampingan di laut dangkal. Kemudian bersama rempah gunung api, hasil penggerusan tersebut diendapkan di laut yang lebih dalam, sangat mungkin laut dalam, sebagai endapan kipas luar (*outer fan*) dari Mutti & Ricci Lucchi (1972 dalam Mutti, 1999). Adanya fragmen batulempung gampingan yang kaya akan *burrows* menunjukkan bahwa sebelum terjadi letusan gunung api, kondisi laut cukup tenang dan cukup nutrisi, sehingga memungkinkan binatang hidup baik.

**Fasies Tuf Lapili**

Fasies tuf lapili disusun oleh tuf lapili dengan fragmen berukuran 0,3–8 cm umumnya berbentuk menyudut tanggung–membulat (Foto 3). Sebagian besar fragmen terdiri atas batuapung dan setempat ditemukan batulempung dan batubara, yang semuanya terkemas terbuka dengan pemilahan jelek. Fasies ini menumpang di atas fasies batupasir dengan bidang erosi yang tegas sebagai kontaknya. Matriks umumnya berupa *vitric tuff*. Ketebalan fasies ini di daerah penelitian sekitar 1m. Hasil analisis petrografi menunjukkan bahwa fragmen batuan terdiri atas kaca gunung api (40%), batuapung (15%), plagioklas (15%), batulempung (10%), kuarsa (10%), piroksen (10%), batubara (5%), dan biotit (5%).

Tuf lapili merupakan produk letusan suatu gunung api (McPhie dkk., 1993). Ukuran rata-rata fragmen pada fasies tuf lapili lebih besar dibandingkan fasies batupasir. Ini menunjukkan adanya peningkatan erupsi gunung api yang menjadi sumber kedua fasies. Ditemukannya fragmen batulempung dan arang menunjukkan bahwa sebelum akhirnya diendapkan, bahan utama pembentuk fasies ini mengalir melewati daerah yang bertetumbuhan (mungkin darat) dan endapan batulempung. Batas ke dua fasies merupakan bidang erosi, mengindikasikan bahwa sistem aliran fasies tuf lapili merupakan aliran masa yang cukup besar sehingga menggerus fasies batupasir yang terendapkan lebih dulu. Fasies ini mungkin diendapkan di laut yang lebih dangkal dibandingkan lingkungan pengendapan fasies batupasir, yang telah diendapkan sebelumnya.

**Fasies Breksi Batuapung**

Fasies breksi batuapung dibentuk oleh breksi dengan batuapung sebagai fragmen yang berukuran 0,5-6cm, terpilah jelek dan terkemas tertutup. Ketebalan perlapisan berkisar antara 20-

40cm dengan total ketebalan fasies lebih dari 10m. Fasies ini menumpang selaras di atas fasies tuf lapili. Batuapung merupakan fragmen yang menguasai fasies ini. Fragmen lain yang terdapat dalam jumlah kecil adalah batulempung, kuarsa bipiramid dan batuan beku. Setempat ditemukan fragmen koral dan batugamping dalam jumlah kecil. Pada setiap lapisan, persentase fragmen batuapung meninggi ke atas. Demikian juga ukurannya, mengasar ke arah atas sehingga membentuk gradasi terbalik. Pengamatan petrografi pada breksi batuapung menunjukkan bahwa fragmennya terdiri atas batuapung (10-20%), batulempung (10%), batuan beku (5%), kuarsa (20-30%), plagioklas (5-10%), mineral *opaque* (5%).

Ditemukannya fragmen koral dan batugamping menunjukkan bahwa fasies breksi batuapung ini diendapkan masih dalam lingkungan laut. Gradasi terbalik menunjukkan bahwa fragmen yang berukuran lebih kecil lebih cepat diendapkan dari pada yang lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa larutan sedimen cukup pekat. Pada beberapa singkapan tampak bahwa fasies ini dibentuk sebagai kipas tengah (*middle fan*) dari Mutti & Ricci Lucchi (1972 dalam Mutti, 1999).

### Fasies Breksi Batuapung Andesitan

Fasies breksi batuapung andesitan terdiri atas perselingan breksi batuapung dan breksi batuapung andesitan. Breksi batuapung dan breksi batuapung andesitan umumnya mempunyai kemas tertutup dengan pemilahan buruk. Hanya saja breksi batuapung andesitan mempunyai fragmen andesit yang berukuran kerikil-berangkal. Di daerah penelitian, fasies breksi batuapung andesitan ini menumpang selaras di atas fasies breksi batuapung.

Fragmen fasies breksi batuapung andesitan didominasi oleh batuapung dan sebagian kecil dan andesit. Pada bagian bawah fasies ini ditemukan fragmen batulempung dan batugamping, yang umumnya berukuran 0.5-5cm dan berbentuk menyudut. Fragmen andesit semakin melimpah kearah bagian atas fasies. Bagian bawah fasies ini masif, bagian tengah mempunyai gradasi normal, sedangkan bagian atas berstruktur gradasi terbalik. Pada bagian atas fasies ini, kuarsa bipiramid dijumpai melimpah. Ketebalan fasies breksi batuapung andesitan lebih dari 6m. Pada bagian atas fasies ini dijumpai batang kayu terarangkan dengan panjang sampai 2m.

Pengamatan petrografi fasies ini menunjukkan bahwa fragmen terdiri atas batuapung (20-30%), andesit (5-20%), batulempung (5-15%), kuarsa (15-30%), plagioklas (10%) dan mineral *opaque* (5%).
Diduga, fasies ini merupakan produk sedimentasi gaya berat. Alur aliran gaya berat ini tampak jelas pada singkapan di Desa Sendang, Wuryantoro. Gradasi terbalik pada fragmen andesit di bagian atas fasies memberikan petunjuk bahwa kepekatan aliran cukup tinggi. Menurut Mutti (1999) gradasi terbalik terjadi pada aliran pekat dengan kecepatan yang tinggi.

Pada bagian bawah fasies masih dijumpai fragmen batulempung dan batugamping menunjukkan bahwa fasies batuapung andesitan diendapkan dalam lingkungan laut. Akan tetapi dijumpainya batang kayu terarangkan pada bagian atas fasies menunjukkan bahwa lokasi pengendapan laut yang tidak jauh dari daratan tempat tetumbuhan hidup atau memang di daratan. Besarnya ukuran kayu yang dijumpai mengindikasikan batang kayu tersebut diangkut tidak jauh dari dimana dia hidup (di darat). Dengan demikian lingkungan pengendapan fasies batuapung andesitan bagian bawah berupa laut yang relatif dangkal berubah ke laut yang dekat dengan daratan.

## DISKUSI

Formasi Semilir dibentuk oleh rempah gunung api yang umumnya bersifat dasitik dan terdiri atas: batupasir tuf, tuf lapili, breksi batuapung dan breksi batuapung andesitan. Mengingat sebarannya demikian luas, memanjang dari selatan Ponorogo sampai ke Parangtritis (Samodra dkk., 1992 & 1997; Surono dkk., 1992; dan Rahardjo dkk., 1995) sepanjang sekitar 122,5km dengan ketebalan mencapai lebih dari 500m di Wonogiri, maka boleh jadi formasi ini merupakan hasil erupsi letusan yang sangat besar.

Cekungan Kuarter Baturetno terbentang (luas $\pm$88 km2) mulai Wonogiri memanjang ke selatan sampai Giritontro dikelilingi tinggian yang pada

umumnya dibentuk oleh batuan gunung api. Penampang anomali gaya berat (Setiadi dan Sobari, 2005) menunjukkan bahwa pembentukan cekungan ini dapat diinterpretasikan sebagai terban (graben), yang terbentuk karena adanya dua sesar regional berarah barat-timur. Sedikit berbeda, menurut Widijono dan Setyanto (2007) cekungan ini dibatasi oleh sesar naik (di tepi selatan) dan sesar turun di tepi utara. Kedua sesar tersebut dipotong oleh sesar geser menganan di tepi barat dan tepi timur cekungan. Pada Kuarter dataran ini merupakan cekungan besar yang terisi oleh runtunan sedimen danau, Formasi Eromoko (Wiyono, 2004; Surono, 2005). Formasi tersebut dialasi oleh batugamping Miosen Tengah Formasi Punung-Wonosari (Surono dkk., 1992) yang berlapis baik dan umumnya terdiri atas *grainstone*. Berbeda dengan batugamping pada cekungan ini, di selatan Giriwoyo sampai ke pantai Samodra Hindia, batugamping umumnya berupa batugamping terumbu (*boundstone*), yang oleh Sartono (1964) diberi nama Formasi Punung. Kemiringan regional perlapisan batuan di daerah ini ke selatan. Hal ini menunjukkan bahwa batugamping berlapis di Cekungan Baturetno relatif berumur lebih tua dibandingkan dengan batugamping terumbu. Dengan demikian pada awal pengendapan Formasi Punung-Wonosari, daerah yang sekarang berupa Cekungan Baturetno sudah merupakan rendahan, dan awal pengendapan batugamping berlapis terjadi di daerah ini.

Di utara Glonggong dan di Nawangan ditemukan lava dasit yang penyebarannya cukup luas (Surono dkk., 1992). Lava dasit di utara Glonggong sudah teralterasi lanjut, sedangkan yang di Nawangan lebih segar. Lava merupakan produk kegunungapian yang keluar tidak jauh dari pusat erupsinya.

Dari pengamatan lapangan disimpulkan bahwa ketebalan Formasi Semilir di Desa Sendang (Wuryantoro), sebelah barat Cekungan Baturetno, lebih dari 900m. Di selatan cekungan ini di utara Desa Glonggong (Giriwoyo), ketebalannya tidak kurang dari 600m. Menjauhi cekungan ini, ketebalan Formasi Semilir menipis menjadi, sekitar 500m di selatan Bayat, Surakarta (Surono dkk., 1992).

Dengan mempertimbangkan semua uraian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa boleh jadi periode erupsi letusan terbesar, yang membentuk Formasi Semilir terjadi pada 17-20 juta tahun lalu atau bagian akhir Miosen Awal (Burdigalian). Boleh jadi, salah satu pusat erupsinya berada pada Cekungan Baturetno sekarang.

Menurut Hartono (2000), bagian timur Formasi Semilir berkomposisi dasitik, sedangkan bagian baratnya bersifat andesitan. Hal ini dapat terjadi karena dua kemungkinan. Pertama, Formasi Semilir mungkin mempunyai dua sumber berbeda, bagian timur dasitan dan bagian barat andesitan. Kemungkinan kedua, hanya ada satu sumber dan karena adanya proses deferensiasi magma maka dihasilkan produk bersifat andesitik dan kemudian disusul dasitik. Di daerah Sendang, fragmen batuan beku (andesit) ditemukan pada bagian atas fasies breksi batuapung dan fasies breksi batuapung andesitan. Pada kedua fasies ini fragmen batuapung bercampur dengan fragmen andesit. Hal ini menunjukkan bahwa kemungkinan pertama lebih dapat diterima dibandingkan kemungkinan kedua.

## SIMPULAN

1. Berdasarkan batuan penyusunnya, Formasi Semilir di daerah penelitian dapat dibagi menjadi 4 fasies (dari bawah ke atas): batupasir, tuf lapili, breksi batuapung dan breksi batuapung andesitan. Lingkungan pengendapan ke empat fasies itu menunjukkan pendangkalan ke atas, dimulai dari laut kemudian berubah menjadi darat.
2. Formasi Semilir merupakan hasil erupsi letusan besar dari suatu gunung api, yang pusat letusannya mungkin terletak di Cekungan Baturetno.
3. Pada waktu pengendapan Formasi Semilir (Miosen Awal) terjadi sesar naik sebagai akibat gaya kompresi yang berarah utara-selatan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada beberapa rekan dari UGM, di antaranya Wartono Rahardjo dan Sudarno; yang telah banyak membantu dalam meningkatkan mutu makalah

ini. Kepada Dr. Sutikno Bronto (Pusat Survei Geologi) dan G. Hartono (Sekolah Tinggi Teknologi Nasional), yang telah banyak memberikan saran dan koreksi, juga diucapkan terima kasih.

## A C U A N

Bothe, 1929. *Djiwo Hills and Southern Range. Excursion guide*. 4th Science Congress, Bandung, 14p.

Hartono, G., 2000. Studi gunung api Tersier: Sebaran pusat erupsi dan petrologi di Pegunungan Selatan, Yogyakarta. Thesis Magister Teknik, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 168p (tidak diterbitkan).

Kadar, D., 1986. Neogene planktonic foraminiferal biostratigraphy of the south central Java area, Indonesia. *Geological Research and Development Centre, Special Publication*, no. 5, 88p.

McPhie, J., Doyle, M. & Allen, R., 1993. *Volcanic textures. A guide to the interpretation of textures in volcanic rocks, Centre of ore deposit and exploration studies*. University of Tasmania, Tasmania, 196p.

Mutti, E., 1999. Turbidite sandstone. Milan, *Agip Special Publication*. 275p.

Rahardjo, W. dan Wiyono, S., 1993. Eksursi geologi regional Jawa Tengah-Jawa Timur. Himpunan Mahasiswa Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, 127p (tidak diterbitkan).

Rahardjo, W., 2004. Panduan ekskursi geologi regional Pegunungan Selatan dan Kendeng. Jurusan Teknik Geologi, FT, UGM, Yogyakarta (tidak diterbitkan).

Rahardjo, W., Sukandarrumidi dan Rosidi, H.M.D. 1995. *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa, skala 1 : 100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Samodra, H. dan Sutisna, K. 1997. *Peta Geologi Lembar Klaten (Bayat), Jawa, skala 1 : 50.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Samodra, H., Gafoer, S. dan Tjokrosapoetro, S. 1992. *Peta Geologi Lembar Pacitan, Jawa, skala 1 : 100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Sampurno dan Samodra, H., 1997. *Peta Geologi Lembar Ponorogo, Jawa, skala 1 : 100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Sartono, S., 1964. Stratigraphy and sedimentation of the easternmost part of Gunung Sewu (East Java). Departemen Perindustrian Dasar- Pertambangan, *Direktorat Geologi*, Bandung, 95p.

Setiadi, I. dan Sobari, I., 2005. Aplikasi gaya berat dan geolistrik Mise-A-La-Masse untuk pendugaan struktur geologi bawah permukaan dan implikasinya terhadap mineralisasi di daerah Wonogiri, Jawa Tengah. *Jurnal Sumber Daya Geologi*, v. XV, n. 1, pp. 26-37.

Smith, H., 2005. Eocene to Miocene basin history and volcanic activity in East Java, Indonesia. PhD thesis, University London (tidak diterbitkan).

Sudarno, 1997. Kendali tektonik terhadap pembentukan struktur pada batuan Paleogen dan Neogen di Pegunungan Selatan, Daerah Istimewa Yogyakarta dan sekitarnya. Thesis Magister Teknik, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 167p (tidak diterbitkan).

Sumarso dan Ismoyowati, T., 1975. A contribution to the stratigraphy of the Jiwo Hills and their southern suroundings. *Proceeding of 4th Annual Convention of Indonesia Petroleum Association*, Jakarta.

Surono, 2005. Sejarah aliran Bengawan Solo: Hubungannya dengan Cekungan Baturetno, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah. *Publikasi Ilmiah Pendidikan dan Pelatihan Geologi*, v. 1, no. 2, 77-87.

Surono, Toha, B., dan Sudarno, 1992. *Peta Geologi Lembar Surakarta dan Giritontro, Jawa, skala 1 : 100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

van Bemmelen, R.W., 1949. *The geology of Indonesia*. Govt. Printing Office, Nijhoff, The Hague, 732p.

van Gorsel, J.T., Kadar, D., Soenarto, Hazuardi, Toha, B., & Sumarinda, I.W., 1987. Central Java Fieldtrip Guidebook. June 18-21, 1987. Indonesian Petroleum Association, 30p (tidak diterbitkan).

Widijono, B.S. dan Setyanto, B., 2007. Anomali gaya berat, kegempaan serta kelurusan struktur geologi daerah Jogjakarta dan sekitarnya. *Jurnal Sumber Daya Geologi*, v. XVII, no. 2, pp. 74-90.

Wiyono, S., 2004. Stratigrafi endapan Kuarter dan usulan sebagai Formasi Eromoko, di daerah Wonogiri, Jawa Tengah. Dalam: Harahap, B., Djuhaemi, A. dan Pribadi, D. (Eds): Prosiding Lokakarya Stratigrafi P. Jawa. *Publikasi Khusus* no. 30, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

**FOTO 1**. Fasies batupasir yg berupa laminasi *lithic wacke* dan *feldsphatic wacke*

**FOTO 2**. Klastika batulempung gampingan pada fasies batupasir

**FOTO 3**. Fasies tuf lapili