

IDENTIFIKASI GUNUNG API PURBA PENDUL DI PERBUKITAN JIWO, KECAMATAN BAYAT, KABUPATEN KLATEN – JAWA TENGAH

S. Bronto

Pusat Survei Geologi, Badan Geologi - ESDM
 Jln. Diponegoro 57, Bandung 40122. Telp. 022-7203205, ext. 151, HP: 08164227924
 E-mail: sbronto@grdc.esdm.go.id

Sari

Selama ini Gunung Pendul dipandang sebagai batuan beku intrusi yang berkomposisi gabro mikro. Setelah ada penggalian tanah pelapukan di kaki timur Gunung Pendul tersingkap aliran lava basal berstruktur bantal. Aliran lava basal itu keluar dari sebuah konduit purba ke permukaan dasar laut dalam, bertekstur breksi autoklastika hingga pejal afanit, dan di bagian tepinya membentuk obsidian. Secara mikroskopis, lava bagian tepi itu bertekstur gelas, yang sudah mengalami devitrifikasi menjadi sferulit, dan secara berangsur ke bagian tengah bertekstur vitrofir hingga hipokristalin porfiri. Berdasarkan geologi gunung api, asosiasi batuan beku intrusi dan ekstrusi berkomposisi basa itu diyakini sebagai sisa gunung api purba Pendul yang tererosi lanjut. Umur vulkanisme gunung api purba Pendul di daerah Bayat khususnya dan di Pegunungan Selatan secara umum dapat dibagi menjadi empat periode, yakni pada Kala Paleosen, Eosen Akhir-Oligosen Awal, Miosen Awal dan Miosen Tengah. Namun dengan memperhatikan kisaran umur dan dominasi batuan gunung api di daerah Pegunungan Selatan tersebut maka tidak menutup kemungkinan bahwa vulkanisme juga menerus dari Eosen Akhir hingga Miosen Awal. Verifikasi data umur radiometri umur tertua (Paleosen) dan termuda (Miosen Tengah) sangat diperlukan guna menunjang pengembangan penelitian vulkanisme dan tektonika di Pegunungan Selatan, Jawa.

Kata kunci: Bayat, gunung api purba, Jawa, Jiwo, pegunungan selatan, pendul

Abstract

According to previous workers, Mount Pendul were considered as micro gabbro intrusive rocks. However, in the present quarry area pillow basaltic lava flows are exposed in the eastern slope of the hill. The lava was erupted through a paleoconduit below deep sea water, having massive to autoclastic breccias, obsidian in the glassy rims and gradually changes to aphanitic texture in the inner part. Microscopically, the obsidian is devitrified to become spherulites, while to the inner part the basaltic rock gradually changes from vitrophyric to hypocrySTALLIN porphyritic textures. On the basis of the volcanic geology idea, the association of those basic intrusive and extrusive rocks is believed to be a remnant of Pendul Paleovolcano that has been eroded through the time. The age of volcanisms, particularly in Bayat area and regionally in the Southern Mountains, can be divided into four periods, e.g. Paleocene, Late Eocene - Early Oligocene, Early Miocene and Middle Miocene. However, based on the range of radiometric ages and predominant volcanic rocks in the Southern Mountains, it is suggested that volcanisms had been continued from Late Eocene to Early Miocene. The oldest (Paleocene) and the youngest (Middle Miocene) radiometric ages should be verified in order to develop researchs on volcanism and tectonics in the Southern Mountains, Java.

Keywords: bayat, java, jiwo, paleovolcano, pendul, southern mountains

Pendahuluan

Perbukitan Jiwo terletak di wilayah Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah (Gambar 1). Sebagian besar ahli geologi Indonesia sudah mengenal daerah ini karena merupakan salah satu lokasi tersingkapnya batuan berumur Pratersier sampai Tersier di Pulau Jawa. Selain itu, wilayah ini

juga menjadi tempat kuliah lapangan bagi mahasiswa yang sedang menjalani pendidikan geologi khususnya dan ilmu kebumihana pada umumnya.

Di antara aneka ragam batuan di daerah ini terdapat batuan beku ekstrusi (extrusive igneous rocks atau batuan beku luar/lelehan) dan batuan beku intrusi (intrusive igneous rocks atau batuan beku

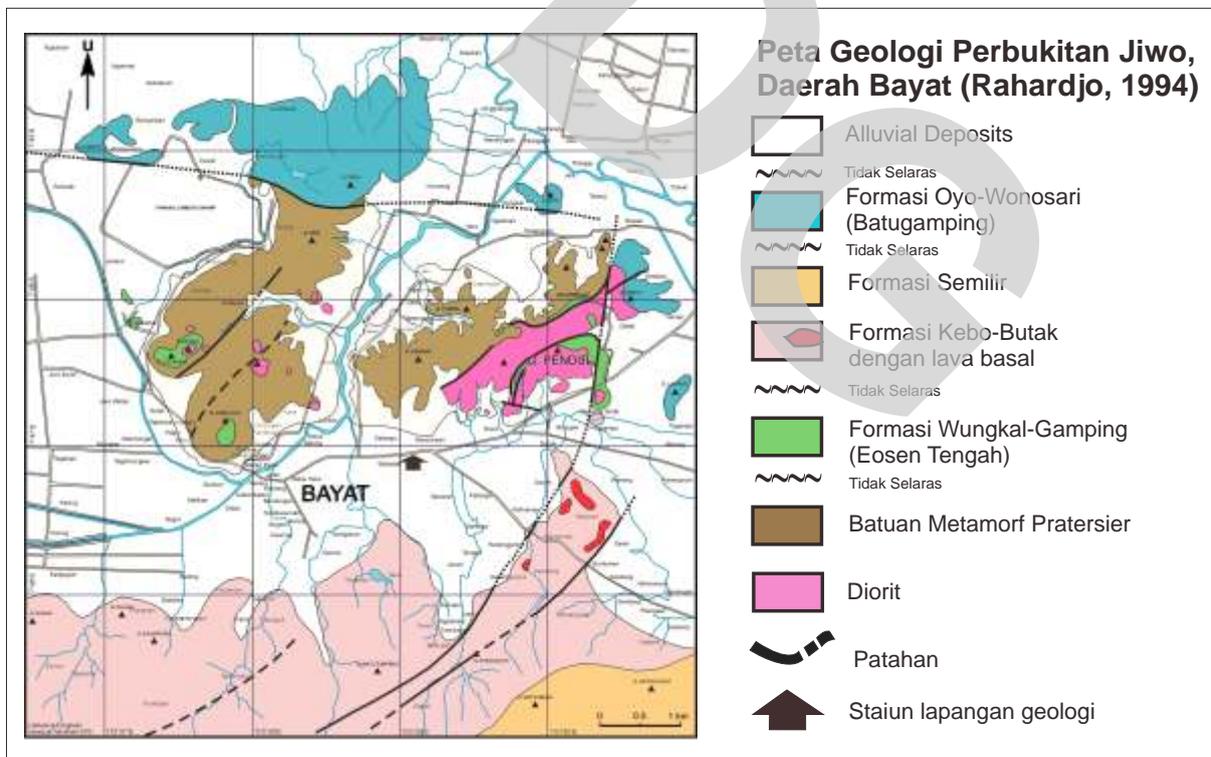
terobosan/dalam). Di dalam peta geologi lembar Surakarta-Giritontro (Surono dr., 1992), lembar Klaten (Samodra dan Sutisna, 1997) dan peta geologi Perbukitan Jiwo Bayat (Rahardjo, 1994; Gambar 2) batuan beku ekstrusi dipetakan sebagai anggota atau sisipan di dalam Formasi Kebo-Butak, yang tersebar di sebelah selatan Perbukitan Jiwo, dan dikelompokkan sebagai satuan Diorit Pendul. Para pemeta tersebut meyakini bahwa di Gunung Pendul, Perbukitan Jiwo Timur Bayat itu hanya terdapat tubuh batuan beku intrusi, yang proses magmatismenya tidak berhubungan dengan kegiatan vulkanisme. Namun demikian, di dalam buku panduan kunjungan lapangan IPA (*Indonesian Petroleum Association*) di daerah ini yang disusun oleh Lunt dr. (1998) dilaporkan adanya lava andesit tua dan lava bantal di lereng timur Gunung Pendul. Mereka menduga bahwa batuan ekstrusi itu merupakan hasil kegiatan suatu kerucut gunung api yang sudah tererosi.

Penggalian di lereng timur Gunung Pendul semakin jelas menunjukkan bahwa batuan beku di Perbukitan Jiwo Timur ini bukan merupakan tubuh intrusi, tetapi merupakan batuan beku ekstrusi atau batuan beku luar, yang secara genesis vulkanologis disebut aliran



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian (dalam kotak merah) di Perbukitan Jiwo, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah.

lava. Temuan ini menjadi pokok bahasan dalam makalah ini, apakah benar ada gunung api purba di daerah Bayat, terutama di Perbukitan Jiwo Timur. Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan vulkanologi fisik (*physical volcanology*) dan petrografi, serta didukung dengan data sekunder berupa data petrologi-geokimia dan umur geologi. Lokasi penelitian terletak di Dusun Gambiro, Desa Gununggajah, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah, pada koordinat 7°46'0,11"LS - 110°40'14,4"BT.



Gambar 2. Peta geologi Perbukitan Jiwo, Bayat (disederhanakan dari Rahardjo, 1994). Menurut Lunt dr. (1998) di lereng timur Gunung Pendul ditemukan lava andesit tua berstruktur bantal.

Tataan Stratigrafi

Stratigrafi daerah Perbukitan Jiwo, Bayat, dimulai dari satuan batuan metamorf yang berumur Pratersier (Tabel 1, Surono dr., 1992; Rahardjo, 1994; Samodra dan Sutisna, 1997). Satuan batuan ini terdiri atas sekis, marmer, filit, dan batuan sedimen meta. Kumpulan batuan malihan tersebut secara tidak selaras ditutupi oleh Formasi Gamping-Wungkal yang tersusun oleh perselingan batupasir dan batulanau dengan lensa-lensa batugamping, berumur Eosen Tengah dan diendapkan di dalam lingkungan laut dangkal. Di atas Formasi Gamping-Wungkal diendapkan batuan asal gunung api, yang dibagi menjadi empat satuan batuan, yakni Formasi Kebo-Butak, Formasi Semilir, Formasi Nglanggeran, dan Formasi Sambipitu. Formasi Kebo-Butak tersebar di selatan Perbukitan Jiwo dan terus ke selatan hingga gawir bagian bawah dari Pegunungan Baturagung. Menurut Samodra dan Sutisna (1997) formasi ini terdiri dari tiga anggota, yaitu Anggota Nampurejo, Anggota Mangli, dan Anggota Belang. Anggota Nampurejo terutama tersusun oleh aliran lava basal berstruktur bantal, sedangkan anggota yang lain kebanyakan terdiri atas batuan klastika gunung api berukuran butir pasir - lempung. Smyth (2005) menyebut Anggota Nampurejo ini sebagai Anggota Santren dan analisis radiometri terhadap lava bantal dengan metode U-Pb SHRIMP memberikan umur $24,7 \pm 1$ jt. (Oligosen Akhir, Tabel 2). Dengan metode yang sama peneliti itu menganalisis batuan klastika gunung api Formasi Kebo-Butak dan mendapatkan umur $21 \pm 3,6$ jt. (Miosen Awal). Masih di Desa Nampurejo ini Bronto dr. (2002) melaporkan adanya batupasir hitam yang sebagian tersusun besar oleh gelas gunung api dan berkomposisi basal, sama dengan komposisi lava bantal di dekatnya. Data tersebut menunjukkan bahwa batupasir itu adalah batuan piroklastika (tuf hitam) berkomposisi basal sebagai hasil erupsi gunung api bawah laut bersama-sama dengan aliran lava bantal. Analisis radiometri terhadap lava Formasi Kebo-Butak di Tegalorejo memberikan umur $24,25 - 21,21$ jt (Soeria-Atmadja dr., 1994). Formasi Kebo-Butak ini mempunyai ketebalan 650 m, dan berdasarkan data paleontologi berumur Oligosen - Miosen Awal (Sumarso dan Ismoyowati, 1975).

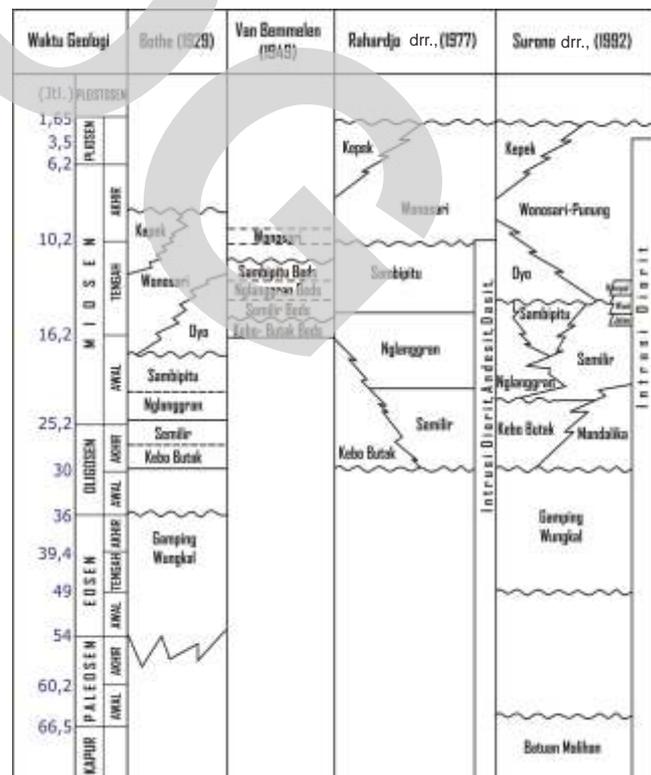
Formasi Semilir dicirikan oleh litologi batuan klastika gunung api yang banyak mengandung pumis atau batuapung, seperti breksi batuapung, lapili batuapung dan tuf batuapung dengan ketebalan mencapai lebih dari 460 m. Batuan penyusun

Formasi Semilir membentuk gawir bagian atas Pegunungan Baturagung. Kandungan fosil yang sangat jarang di dalam formasi ini memberikan umur Miosen Awal - Tengah, dan lingkungan pengendapan di laut dangkal sampai laut dalam. Analisis radiometri Formasi Semilir dengan metode U-Pb SHRIMP memberikan umur $20,0 \pm 1,0$ jt (Smyth, 2005).

Formasi Nglanggeran tersusun oleh breksi gunung api, aglomerat, batulapili, tuf dan aliran lava berkomposisi andesit - andesit basal, serta batuan gunung api epiklastika (rombakan) lainnya dengan ketebalan mencapai 530 m. Data paleontologi yang juga sangat terbatas memberikan umur sama dengan Formasi Semilir. Hal ini senada dengan umur radiometri yang dilaporkan Smyth (2005), yakni berumur antara 19 - 20 jt. Namun demikian, analisis Kalium-Argon di daerah Parangtritis memberikan umur Oligosen Akhir (26 jtl., Soeria-Atmadja dr., 1994).

Formasi Sambipitu terutama tersusun oleh batuan klastika gunung api berukuran butir halus, seperti batupasir, batulanau, dan batulempung. Hanya di bagian atas formasi ini mengandung material karbonat. Kandungan fosil jauh lebih banyak daripada dua formasi batuan gunung api

Tabel 1. Stratigrafi Pegunungan Selatan Menurut Beberapa Peneliti



Tabel 2. Kompilasi Data Umur Batuan Beku G. Pendul, Perbukitan Jiwo, Bayat dan Batuan Gunung Api di Selatannya (Pegunungan Baturagung). Ada Empat Periode Magmatisme/Vulkanisme : 40 jtl, 33-30 jtl; 24 jtl dan 17-13 jtl.

No. Contoh & Nama Batuan	Lokasi	Umur	Referensi
Formasi Nglanggeran	Baturagung, Pegunungan Selatan	19-20 jtl. (Miosen Awal)	Smith, 2005 Metoda: U-Pb SHRIMP
2004PK05, Diorit	Sutojayan, Bayat S7 ° 45'08,3"- E 110 ° 38'03,2"	13,852 ± 5,45 jtl. (Miosen Tengah)	Surono dkk., 2006 Metoda: K-Ar
2004PK01, Diorit mikro	Penggingan Bayat S7 ° 45'57,4"- E 110 ° 48'37,6"	17,220 ± 2,84 jtl (Miosen Tengah)	Surono dkk., 2006 Metoda: K-Ar
Formasi Semilir	Gawir Baturagung	20,0 ± 1,0 jtl (Miosen Awal)	Smith, 2005 Metoda: U-Pb SHRIMP
Formasi Kebo_Butak	Kaki utara gawir Baturagung	21,0 ± 3,6 jtl (Miosen Awal)	Smith, 2005 Metoda: U-Pb SHRIMP
Anggota Kresek Formasi Wungkal	Batupasir Watuprahu	21,1 ± 1,1 Ma (Miasen Awal)	Smith, 2005 Metoda: U-Pb SHRIMP
By52, Basalt	Tegalrejo, 3 km selatan Bayat	24,25 ± 0,65 jtl (Miosen Awal)	Soeria-Atmadja dkk., 1994. Metoda: K-Ar
Lava bantal Anggota Santren Formasi Kebo-Butak	Desa Santren	24,7 ± 1,0 jtl (Miosen Awal)	Smith, 2005 Metoda: U-Pb SHRIMP. Sama dengan Anggota Nampurejo (Samodra & Sutisna, 1997)
Retas andesit	Parangtritis, Bantul	26,55 ± 1,07 jtl 26,40 ± 0,83 jtl (Miosen Awal)	Soeria-Atmadja dkk., 1994 Metoda: K-Ar
Kalinampu II, sisipan volkaniklastika halus karbonatan	Kalinampu	Oligosen (P19-N3)	Lab Paleontologi Teknik Geologi UGM
Formasi Kebo_Butak	Kaki utara gawir Baturagung	Oligosen Akhir – Miosen Awal	Harahap dkk., 2003
2004PK02, Diabas	G. Bokol, Cermo, Bayat S7 ° 48'37,6"- E 110 ° 38'32,3"	30,04 ± 4,62 jtl (Oligosen Awal)	Surono dkk., 2006 Metoda: K-Ar
BY47, Diabas	Bayat	31,25 ± 0,90 jtl (Oligosen Awal)	Sutanto dkk., 1994; Soeria-Atmadja dkk., 1994 Metoda: K-Ar
2004 PK07, Gabro mikro	G. Pendul, Bayat S7 ° 46'37,2"- E 110 ° 39'30,8"	32,852 ± 6,57 jtl (Oligosen Awal)	Surono dkk., 2006 Metoda: K-Ar
By48, Basalt	Bayat	33,15 ± 1,00 jtl (Oligosen Awal)	Sutanto (1993); Sutanto dkk., 1994; Soeria-Atmadja dkk., 1994. Metoda: K-Ar
By50, Diabas	Bayat	39,82 ± 1,49 Jtl (Eosen Tengah)	Sutanto, 1993; Sutanto dkk., 1994; Soeria-Atmadja dkk., 1994. Metoda: K-Ar
Kalinampu I, sisipan volkaniklastika halus karbonatan	Kalinampu	Oligosen awal (P19)	Lab Paleontologi Teknik Geologi UGM
Kalinampu II, sisipan volkaniklastika halus karbonatan	Kalinampu	Oligosen (P19-N3)	Lab Paleontologi Teknik Geologi UGM
Kalinampu III, sisipan volkaniklastika halus karbonatan	Kalinampu	Oligosen (P19 – N3)	Lab Paleontologi Teknik Geologi UGM
Lava basal berstruktur bantal Watuadeg & lava andesit basal Kali Ngalang	Kali Opak, Berbah Sleman & Kali Ngalang Gedangsari Gunungkidul	58, 58 ± 3,24; 56,3 ± 3,8 Jtl (Paleosen)	Hartono, 2000; Ngkoimani, 2005

sebelumnya, dan memberikan umur Miosen Awal-Tengah serta lingkungan pengendapan laut dangkal sampai dalam. Ketebalan Formasi Sambipitu ini lebih kurang 230 m. Di atas formasi-formasi batuan gunung api ini batuan karbonat dibagi menjadi Formasi Oyo dan Formasi Wonosari. Pada Zaman Kuartar, di atas batuan Tersier itu diendapkan aluvium dan endapan asal Gunung Api Merapi.

Di kawasan Gunung Pendul, sebagian satuan Diorit berupa gabro mikro dan diabas (Soeria-Atmadja dr., 1994; Bronto dr., 2004; Surono dr., 2006). Penarikan satuan Diorit Pendul di Perbukitan Jiwo ini menghasilkan umur $31,29 \pm 0,90$, $33,15 \pm 1,00$ dan $39,82 \pm 1,49$ jt. (Oligosen Tengah; Soeria-Atmadja dr., 1994; Sutanto, 1993; Sutanto dr., 1994; Soesilo, 2003). Surono dr. (2006) melaporkan adanya dua kelompok umur intrusi Pendul, yakni Oligosen Awal ($32,85 \pm 6,57 - 30,04 \pm 4,62$ jt) dan Miosen Tengah ($17,22 \pm 2,84 - 13,852 \pm 5,45$ jt, Tabel 2).

Berdasarkan uraian data umur di atas, di Perbukitan Jiwo dan Pegunungan Selatan Yogyakarta terdapat empat episode kegiatan magmatisme-vulkanisme, yaitu pertama pada Kala Eosen Akhir (periode $39,82 \pm 1,49$ jt.), kedua pada Oligosen Awal ($33,15 \pm 1,00 - 31,29 \pm 0,90$ jt.), ketiga pada Oligosen Akhir ($26,40 \pm 0,83 - 24,25 \pm 0,65$ jt.), dan keempat pada Miosen Tengah ($17,22 \pm 2,84 - 13,85 \pm 5,45$ jt.). Di Perbukitan Jiwo, hanya periode pertama, kedua, dan keempat yang terekam dengan baik, sedangkan periode ketiga ditandai dengan tersingkapnya batuan di Tegalrejo dan Parangtritis, Pegunungan Selatan.

Hasil dan Pembahasan

Di lereng timur Gunung Pendul, yang termasuk wilayah Dusun Gambiro, Desa Gununggajah, Kecamatan Bayat, dilakukan penggalian tanah pada koordinat $7^{\circ}46'0,11''\text{LS} - 110^{\circ}40'14,4''\text{BT}$ dan sekitarnya. Dalam galian itu di sisi barat atau lereng Gunung Pendul tersingkap batuan beku gabro porfiri, sedangkan di sebelah timur atau pada kaki Gunung Pendul tersingkap lava basal. Gabro berwarna segar abu-abu gelap, berstruktur masif, bertekstur porfiri dengan fenokris utama piroksen dan plagioklas, berukuran butir sedang-kasar (2 - 4 mm), masing-masing mempunyai sebaran sekitar 10-15 % dan 30-40 %, tertanam di dalam massa dasar afanit. Sebagian fenokris piroksen terlepas karena pelapukan, sehingga meninggalkan jejak kristal di bagian permukaan tubuh gabro. Secara mikroskopis massa dasar ini berstruktur diabas dan bertekstur

holokristalin sangat halus (diameter $< 0,1$ mm) yang tersusun oleh piroksen, plagioklas dan mineral opak. Di lokasi penggalian tanah di bagian timur, tersingkap batuan beku berwarna gelap dan bertekstur afanit. Di bawah mikroskop batuan ini juga mengandung gelas, sekalipun sebarannya tidak merata (< 10 %). Analisis kimia batuan menunjukkan kandungan oksida silikat berkisar 49 - 52 % SiO_2 (Bronto dr. 2004). Berdasarkan tekstur yang sangat halus dan komposisi kimia itulah secara umum batuan ini lebih tepat dinamakan gabro mikro.

Lava basal membentuk struktur bantal, sebagian bertekstur autoklastika, terutama di bagian luar dan atas, sedangkan di bagian dalam dan bawah berstruktur masif (Gambar 2 & 3). Sebagian besar lava lapuk dalam kondisi coklat kemerahan teroksidasi, sedangkan dalam kondisi segar berwarna abu-abu gelap agak kehijauan karena mengandung klorit. Diperkirakan lava tersebut keluar dari *paleoconduit*, dan kemudian mengalir serta menipis menjauhi lubang erupsi. Tubuh aliran lava berstruktur bantal sudah tidak utuh lagi sebagai akibat pelapukan dan penggalian (Gambar 4), namun dari penampang melintangnya masih tampak struktur kekar memancar (*radial/transverse spreading cracks*) dari bagian tengah dan struktur konsentris, sedangkan sejajar tubuh aliran terbentuk kekar membujur (*longitudinal cracks*).

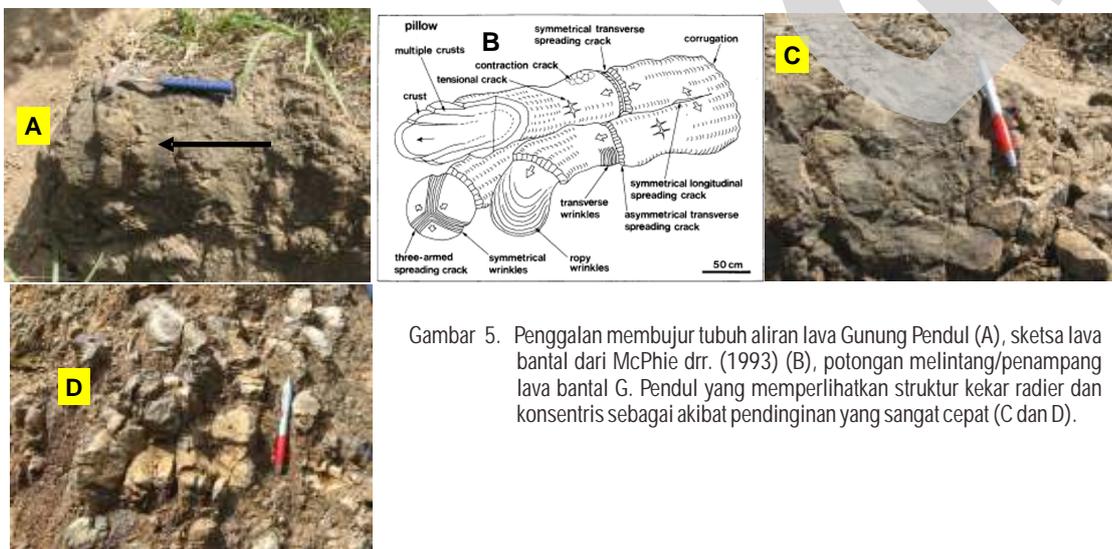
Dari contoh yang relatif segar didapatkan bahwa lava di bagian permukaan bertekstur gelas (obsidian), yang dikenal sebagai kulit kaca (*glassy skin*), sedangkan ke bagian tengah bertekstur afanit (Gambar 5). Kulit kaca terbentuk karena terjadi pendinginan sangat cepat yaitu saat lava basal bertemperatur tinggi (1400 -1000oC) keluar ke permukaan bumi yang berada di dasar laut yang sangat dingin (mendekati 0oC). Di bawah mikroskop obsidian ini tersusun oleh gelas coklat yang mengalami devitrifikasi (*devitrified lavas*) membentuk sferulit. Mineral sekunder itu berbentuk membulat dan terdiri atas serat kristal berstruktur memancar (*radial crystal fibres*), yang menurut McPhie dr., (1993) merupakan produk alterasi hidrotermal dari gelas gunung api atau obsidian. Sementara itu, Gifkin dr. (2005) menyatakan bahwa sferulit dapat juga terbentuk akibat devitrifikasi temperatur tinggi pada pendinginan pertama magma keluar ke dasar laut. Plagioklas kadang-kadang muncul berbentuk anhedral-subhedral, yang mengindikasikan kristal yang sedang tumbuh.



Gambar 3. Lava basal di lereng timur Gunung Pendul, di bagian luar atau tepi bertekstur breksi autoklastika, sedangkan bagian tengah nampak masif. Tekstur breksi autoklastika disebabkan oleh pendinginan sangat cepat pada saat erupsi (*supercooling /quenching textures*). Warna merah coklat sebagai akibat proses oksidasi.



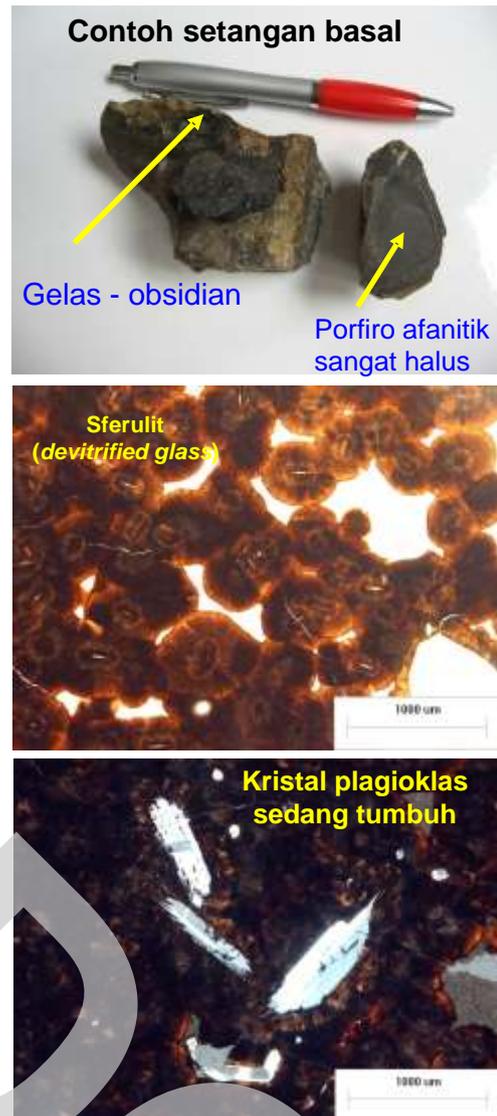
Gambar 4. Ekstrusi lava dari *paleoconduit*. Di bagian tengah berupa batuan beku masif (A), di bagian permukaan dan bawah bertekstur breksi autoklastika (B).



Gambar 5. Penggalan membujur tubuh aliran lava Gunung Pendul (A), sketsa lava bantal dari McPhie dr. (1993) (B), potongan melintang/penampang lava bantal G. Pendul yang memperlihatkan struktur kekar radier dan konsentris sebagai akibat pendinginan yang sangat cepat (C dan D).

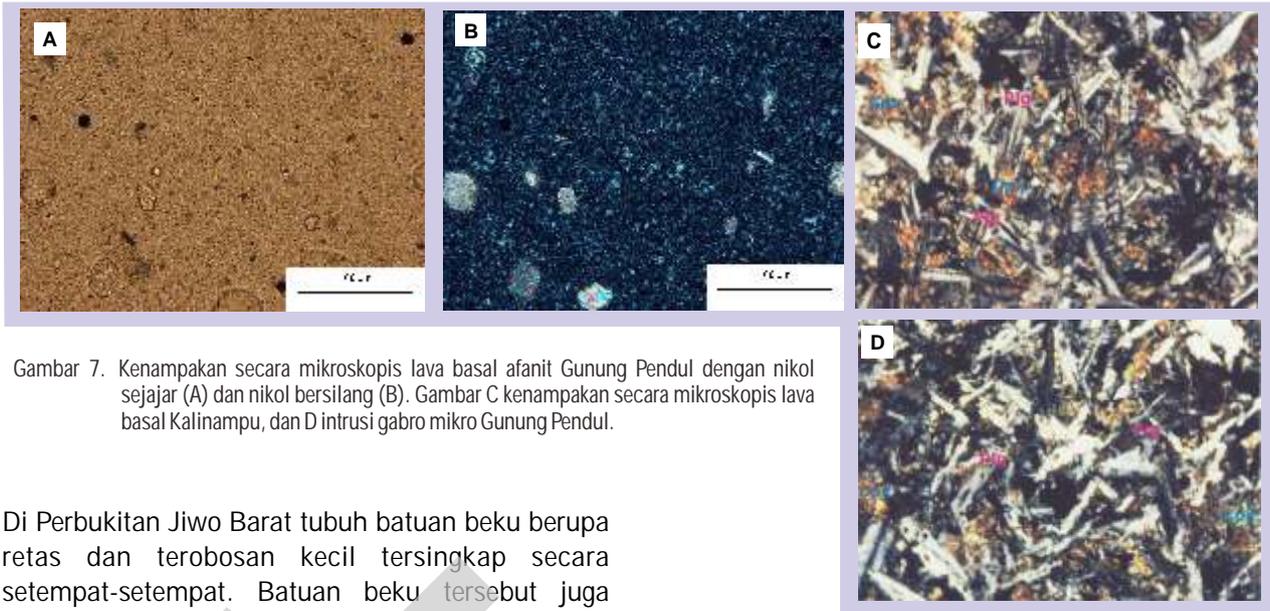
Lava basal yang secara megaskopis bertekstur afanit itu di bawah mikroskop bertekstur gelas sampai dengan vitrofir (Gambar 6). Kristal-kristalnya sangat halus, dan yang mulai terbentuk adalah piroksen, opak, dan plagioklas, yang tertanam di dalam massa dasar gelas yang sangat dominan (> 80%). Sebagian besar massa dasar gelas itu sudah mengalami rekristalisasi membentuk mikrolit sangat halus. Apabila dibandingkan dengan fitur petrografi lava basal dari Kalinampu dan gabro mikro bertekstur halus dari Gunung Pendul sendiri, maka terlihat bahwa lava basal Gunung Pendul masih bertekstur lebih halus dan mengandung lebih banyak gelas gunung api. Secara petrologis, lava dan batuan intrusi di Gunung Pendul mempunyai kesamaan komposisi, yakni basa dengan mineral utama plagioklas dan piroksen. Sementara perbedaannya adalah pada penampakan tekstur. Secara megaskopis, batuan intrusi bertekstur holokristalin porfiri hingga afanit (atau hipokristalin porfiri halus), sedangkan lava bertekstur afanit sampai gelas. Perubahan tekstur secara berangsur dari holokristalin ke hipokristalin sampai gelas adalah hal yang wajar karena terjadinya penurunan temperatur pada saat magma naik ke permukaan bumi di dasar laut. Pada saat magma masih relatif jauh di dalam bumi pendinginannya secara perlahan-lahan sudah dimulai, sehingga mineralnya dapat mengkristal semuanya. Namun demikian magma yang bergerak semakin mendekati ke permukaan proses pendinginannya semakin lebih cepat, sehingga butiran kristal semakin halus, dan sebagian mineral membentuk gelas gunung api yang bertekstur hipokristalin porfiri halus. Pendinginan yang paling tercepat adalah pada saat magma keluar ke permukaan menjadi lava, apalagi di dasar laut yang sangat dingin, sehingga membentuk batuan beku luar bertekstur hipokristalin porfiri sangat halus, vitrofir, dan bahkan gelas. Berdasarkan data geokimia, yaitu kandungan oksida Kalium, secara umum batuan beku di kawasan Perbukitan Jiwo hingga kaki utara Pegunungan Baturagung di selatan Bayat termasuk kalk - alkali, yang mencerminkan produk kegiatan magmatisme dan vulkanisme di daerah penunjaman (Bronto dr., 2002; 2004; Surono dr. 2006, Laksono, 2007).

Penjelasan adanya lava basal berstruktur bantal di Gunung Pendul itu, baik secara vulkanologis, petrologi-geokimia, dan didasarkan pada pandangan geologi gunung api (Bronto, 2003; 2009) mendukung dugaan Lunt dr. (1998), yang mengatakan bahwa kawasan Perbukitan Jiwo Timur ini merupakan gunung api purba yang tubuh kerucutnya sudah hilang akibat erosi yang cukup lanjut. Gunung api purba itu selanjutnya dinamakan



Gambar 6. Contoh setangan lava basal Gunung Pendul, yang di bagian tepi mengandung obsidian (gelas gunung api) dan bagian tengah bertekstur afanit (gambar atas). Gambar bawah kiri kenampakan secara mikroskopis gelas gunung api yang sudah mengalami devitrifikasi menjadi sferulit. Gambar bawah kanan kristal plagioklas yang berbentuk anedral, menunjukkan kristal sedang tumbuh, di antara sferulit.

Gunung Api Purba Pendul (*Pendul Paleovolcano*). Di lereng timur Gunung Pendul juga ditemukan tuf, yang secara litologis selama ini dimasukkan ke dalam Formasi Kebo-Butak (Surono dr., 1992; Rahardjo, 1994). Berdasarkan lokasi keterdapatannya yang sangat dekat dengan sebaran lava bantal, maka tidak menutup kemungkinan lava dan tuf tersebut mempunyai hubungan yang cukup erat. Hal itu dapat dibandingkan dengan terdapatnya lava bantal dan tuf hitam berkomposisi basal di Kalinampu, Bayat Selatan (Bronto dr., 2002).



Gambar 7. Kenampakan secara mikroskopis lava basal afanit Gunung Pendul dengan nikol sejajar (A) dan nikol bersilang (B). Gambar C kenampakan secara mikroskopis lava basal Kalinampu, dan D intrusi gabro mikro Gunung Pendul.

Di Perbukitan Jiwo Barat tubuh batuan beku berupa retas dan terobosan kecil tersingkap secara setempat-setempat. Batuan beku tersebut juga bertekstur afanit sampai porfiri halus, tetapi sejauh ini belum ditemukan lava atau batuan beku luar. Secara mikroskopis, batuan beku basal afanit di Gunung Merak juga memperlihatkan mikrolit sangat halus, sebagai bentuk transisi dari gelas gunung api yang akan menjadi kristal suatu mineral. Hasil studi geofisika oleh Arief dr. (2009) menunjukkan bahwa tubuh batuan beku intrusi kecil-kecil tersebut ke bawah menerus ke tubuh batuan beku terobosan yang lebih besar dengan densitas $2,95 \text{ gram/cm}^3$. Secara magmatisme intrusi kecil-kecil itu dapat dipandang sebagai cabang (apopis) tubuh pluton yang lebih besar di bawahnya. Namun mengingat teksturnya yang afanit dan sangat halus, intrusi kecil-kecil dan setempat-setempat itu dapat juga dipandang sebagai leher gunung api atau paling tidak merupakan batuan intrusi dekat permukaan (*subvolcanic intrusions*). Ratdomopurbo dan Suharna (2009) menyatakan adanya cekungan bawah permukaan, yang dinamakan Cekungan Wedi, dan terisi oleh sedimen sangat lunak di atas batuan dasar sangat keras. Cekungan ini membentang dari sebelah barat Perbukitan Jiwo sampai di Desa Jogonalan dengan kedalaman mencapai 100 - 200 m. Peneliti tersebut menduga bahwa pada masa lalu di daerah itu terdapat danau besar. Cekungan atau danau besar ini diduga merupakan bekas kaldera gunung api purba di kawasan Perbukitan Jiwo Barat.

Pemikiran adanya gunung api purba di Perbukitan Jiwo, Bayat, ini barangkali juga didukung oleh data hasil penyelidikan geofisika. Haryono dr. (1995) melaporkan adanya anomali Bouguer positif senilai 1100 - 1200 mgal di daerah Bayat. Anomali tinggi

itu memberikan indikasi adanya batuan dasar dengan densitas $2,8 \text{ g/cm}^3$ yang diinterpretasikan sebagai intrusi batuan beku (Bahagiarti dan Santoso, 1998). Tubuh intrusi bawah permukaan itu merupakan bekas dapur magma gunung api yang telah membeku sesudah kegiatan magmatisme-vulkanisme berhenti.

Berdasarkan data umur vulkanisme Paleosen (Hartono, 2000 dan Ngkoimani, 2005), dan kegiatan vulkanisme pada Eosen Akhir sampai Oligosen Awal, kegiatan magmatisme-vulkanisme di Pegunungan Selatan dan Perbukitan Jiwo dapat dibagi menjadi empat periode, yaitu:

1. Paleosen (58,6 - 56,3 jt), batuan yang ditarikh adalah lava andesit di Kali Ngalang, Kecamatan Gedangsari (Hartono, 2000; 58, $58 \pm 3,24$ jt.) dan lava basal dari Kali Opak di Watuadeg, Kecamatan Berbah (Ngkoimani, 2005; $56,3 \pm 3,8$ jt).
2. Eosen Akhir-Oligosen Awal (39,8 - 30 jt), batuan yang ditarikh diabas, gabro mikro, basalt Gunung Pendul - Bayat (Soeria-Atmadja dr., 1994; Suro dr., 2006).
3. Miosen Awal; untuk lava basal Kalinampu dan retas andesit Parangtritis berumur 26,5 - 21 jt, sedangkan untuk batuan Formasi Nglangeran dan Semilir berumur 20 - 19 jt (Soeria-Atmadja dr., 1994; Smyth, 2005; Smyth dr., 2008).
4. Miosen Tengah (17,2 - 13,8 jt), batuan yang ditarikh diorit-diorit mikro, di Penggingan, Sutojayan, Bayat (Suro dr., 2006).

Data umur radiometri tertua itu memang masih memerlukan verifikasi, mengingat penarikannya baru menggunakan metode K-Ar. Hal yang sama juga perlu dilakukan terhadap data umur termuda, karena selain masih menggunakan metode K-Ar, batuan pada umumnya sudah terubah dan lapuk. Pada umur itu sudah berkembang sedimentasi karbonat pembentuk Formasi Oyo dan Wonosari, sedangkan vulkanisme agaknya sudah berhenti. Konfirmasi data umur radiometri ini sangat penting guna menunjang penelitian vulkanisme dan tektonika di Pegunungan Selatan Jawa khususnya dan di Indonesia pada umumnya.

Sementara itu, dari Eosen Akhir sampai dengan Miosen Awal kegiatan vulkanisme, yang terbagi ke dalam dua periode, sudah tidak dipermasalahkan. Kisaran umur vulkanisme pada Eosen Akhir-Oligosen Awal dan Miosen Awal dipandang cukup panjang, masing-masing lebih kurang 9,8 juta tahun dan 7,5 juta tahun. Sementara itu waktu istirahat dari kedua periode jauh lebih pendek, yakni 3,5 juta tahun (30 – 26,5 juta tahun). Berdasarkan kisaran umur radiometri tersebut, mulai dari Formasi Kebo-Butak sampai dengan Formasi Nglanggeran seluruh Pegunungan Selatan Yogyakarta-Jawa Tengah tersusun oleh batuan gunung api. Vulkanisme di Perbukitan Jiwo dan Pegunungan Selatan tersebut mungkin dapat dikatakan menerus atau paling tidak terjadi tumpang tindih secara berkala.

Acuan

- Arief, D., Nurdien, I., Darmawan, H., Sudrajat, I., Hartono, R., Afif, H., Rasyid, A., Sintia, W.N., Wahyudi dan Imam, S., 2009. Pemetaan bawah permukaan intrusi diorit menggunakan metode gravitasi, magnetik dan AMT di Jiwo Barat, Klaten, Jawa Tengah, *Proceed. Internat. Confer. Earth Sci. And Technology*, UGM Yogyakarta, 6-7 August 2009, 121-124.
- Bahagiarti, S.K. dan Santoso, A., 1998. Daerah aliran sungai bawah tanah di Gunungsewu berdasarkan peta anomali gravitasi dan pola struktur geologi, *Pros. PIT ke-23 HAGI*, Yogyakarta, h. 66-72.
- Bothe, A. Ch. D., 1929. Djiwo Hills and Southern Ranges, Excursion Guide, IVth Pacific Sci. Congress., Bandung, 23.
- Bronto, S., 2003. Gunung api Tersier Jawa Barat: Identifikasi dan mplikasinya, *Majalah Geologi Indonesia*, 18 (2), 111-135.

Kesimpulan

Kawasan Gunung Pendul di Perbukitan Jiwo Timur, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah, merupakan bekas gunung api purba yang sudah tererosi lanjut. Jejak fosil gunung api itu berupa batuan intrusi kelompok gabro mikro dan batuan ekstrusi berupa aliran lava basal. Aliran lava basal itu keluar dari konduit ke permukaan dasar laut, bertekstur autoklastika hingga masif/pejal afanit, dan berstruktur bantal. Secara mikroskopis, lava bagian tepi membentuk lapisan obsidian bertekstur gelas, dan secara berangsur ke bagian tengah bertekstur hipokristalin porfiri. Lava gelas atau obsidian itu sudah mengalami devitrifikasi menjadi sferulit.

Secara lebih luas, kegiatan vulkanisme di daerah Bayat dan Pegunungan Selatan terjadi pada empat periode, yakni pada Kala Paleosen, Eosen Akhir-Oligosen Awal, Miosen Awal dan Miosen Tengah. Namun tidak menutup kemungkinan juga menerus dari Eosen Akhir hingga Miosen Awal. Verifikasi data radiometri tertua (Paleosen) dan termuda (Miosen Tengah) sangat diperlukan guna menunjang penelitian vulkanisme dan tektonika di Pegunungan Selatan Jawa.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Ir. Wartono Rahardjo, yang telah memberikan masukan terhadap karya tulis ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Dr. Gendoet Hartono, ST. MT., yang telah membantu pekerjaan lapangan.

- Bronto, S., 2009. Fosil gunung api di Pegunungan Selatan Jawa Tengah, Prosiding Workshop Geologi Pegunungan Selatan 2007, *Publikasi Khusus no. 38*, Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Dept. ESDM, 171-194.
- Bronto, S., S. Pambudi & G. Hartono, 2002. The genesis of volcanic sandstones associated with basaltic pillow lavass: 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., G. Hartono & B. Astuti, 2004. Hubungan genesa antara batuan beku intrusi dan batuan beku ekstrusi di Perbukitan Jiwo, Kecamatan Bayat, Klaten Jawa Tengah, *Majalah Geologi Indonesia*, 19 (3), 147-163.
- Gifkin, C., W. Herrmann and R. Large, 2005. *Altered Volcanic Rocks. A Guide to Description and Interpretation*, The Center of Ore Deposit Research, Univ. of Tasmania, Australia, Hobart, 271.
- Harahap, B.H., Bachri, S., Baharuddin, Suwarna, N., Panggabean, H. and Simanjuntak, T.O., 2003, *Stratigraphic Lexicon of Indonesia*, GRDC, Bandung, 729 p.
- Hartono, G., 2000. *Studi gunung api Tersier: Sebaran pusat erupsi dan petrologi di Pegunungan Selatan, Yogyakarta*, tesis magister, Program Studi Teknik Geologi, Program Pasca Sarjana, ITB, Bandung, 168, (tidak terbit).
- Haryono, S., Otong, R. dan Oyon, S., 1995. *Peta anomaly bouguer lembar Surakarta-Girintontro, Jawa, skala 1:100.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Laksono, P.B., 2007. *Geologi dan Petrogenesis Batuan Vulkanik Formasi Kebo-Butak Daerah Trembono dan Sekitarnya, Kecamatan Gedangsari Kabupaten Gunungkidul Daerah Istimewa Yogyakarta*, Skripsi, Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, 80 h, tidak terbit.
- Lunt, P., Netherwood, R. and Huffman, O.F., 1998. *Trip Guides: IPA field trip to Central Java, 1998*, IPA, Jakarta, Oct. – Nov. 1998, 42 p.
- Mc Phie, J. M. Doyle & R. Allen, 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.O., 2005. Magnetisasi pada batuan andesit di pulau Jawa serta implikasinya terhadap paleomagnetisme dan evolusi tektonik, Disertasi S3, ITB, 110 (tidak terbit).
- Rahardjo, W., 1994. *Geologic map of Jiwo Hills, Bayat Region, Geological Engineering, Univ. of Gadjah Mada, Yogyakarta* (unpubl.).
- Rahardjo, W. Sukandarrumidi dan Rosidi, 1977. *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa, skala 1:100.000*, Direktorat Geologi, Bandung.
- Ratdomopurbo, A. dan Suharna, 2009. Penerapan Metoda HVSR-Nakamura di wilayah Klaten Bagian Selatan, Prosiding Workshop Geologi Pegunungan Selatan 2007, PSG-BG, Dept. ESDM, *Publikasi Khusus no. 38*, 123-133.
- Samodra, H. & K. Sutisna. 1997, *Peta Geologi Lembar Klaten Jawa Tengah, skala 1 : 50.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Smyth, H., 2005. Eocene to Miocene basin history and volcanic activity in East Java, Indonesia, PhD thesis, University of London, 470 p. (unpubl.).
- Smyth, H.R., Hall, R. and Nicholls, G.J., 2008. Cenozoic volcanic arc history of East Java, Indonesia: The stratigraphic record of eruptions on an active continental margin, in Draut, A.E., Cliff, P.D., and Scholl, D.W., eds., *Formation and Applications of the Sedimentary Record in Arc Collision Zones: The Geological Society of America, Special Paper 436*, 199-222.

- Soeria-Atmadja, R., R.C. Bellon, H. Pringgoprawiro, M. Polve & B. Priadi. 1994, Tertiary magmatic belts in Java, *J. SE Sci.*, 9, n. 1-2, 13-27.
- Soesilo, D., 2003. Batuan kristalin dalam pandangan Sandi Stratigrafi Indonesia 1996 (Baru): Penerapannya di Bayat & Karangasambung Jawa Tengah, Lokakarya Stratigrafi Pulau Jawa, Puslitbang Geologi, Bandung, 20-21 Oktober 2003, 6.
- Sumarso and Ismoyowati, T., 1975. A contribution to the stratigraphy of the Jiwo and their southern surroundings, IVth IPA Conv., Jakarta.
- Surono, U. Hartono dan S. Permanadewi, 2006. Posisi stratigrafi dan petrogénesis intrusi Pendul, Perbukitan Jiwo, Bayat, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah, *Jurnal Sumber Daya Geologi*, XVI (5): 302-311.
- Surono, B. Toha, I. Sudarno & S. Wiryosujono, 1992. *Peta Geologi Lembar Surakarta-Girintontro, Jawa*, skala 1 : 100.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sutanto, 1993. Evolutions geochimiques et geochronologiques du magmatisme Tertiaire de Java (Indonesia). Rapport de Stage de DEA, Universite de Bretagne Occidentale, 76 p.
- Sutanto, Soeria-Atmadja, R., Maury, R.C. and Bellon, H., 1994. Geochronology of Tertiary volcanism in Jawa. *Prosiding Geologi dan Geotektonik P. Jawa, sejak Mesozoik – Kuarter*, 73-76.
- Van Bemmelen, R.W., 1949. *The Geology of Indonesia*, vol. IA, Martinus Nijhoff, The Hague, 732.