

Waduk Parangjoho dan Songputri: Alternatif Sumber Erupsi Formasi Semilir di daerah Eromoko, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah

S. BRONTO¹, S. MULYANINGSIH², G. HARTONO³, dan B. ASTUTI³

¹Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Jln. Diponegoro No. 57, Bandung

²Teknik Geologi, ISTA Yogyakarta, Jln. Kalisahak No.28

Kompleks Balapan Tromol Pos 45, Yogyakarta

³Teknik Geologi, STTNAS Yogyakarta,

Jln. Babarsari, Catur Tunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta

SARI

Batuan penyusun Formasi Semilir yang secara khas berasal dari hasil erupsi gunung api sangat eksplosif, terdiri atas breksi, batulapili, dan tuf pumis, berwarna abu-abu terang hingga putih, berkomposisi andesit silika tinggi sampai dasit; umumnya kaya akan gelas gunung api dan kuarsa. Struktur pengendapan kelompok batuan ini adalah gradasi, masif, berlapis, dan silang siur hingga antidunes, dengan ukuran butir dari abu (≤ 2 mm), lapili (2 – 64 mm) hingga bom dan blok (> 64 mm). Kelompok batuan ini tersebar sangat luas, mulai dari Pleret dan Piyungan (Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta) di bagian barat hingga ke Eromoko (Kabupaten Wonogiri, Provinsi Jawa Tengah) di bagian timur. Secara stratigrafi, Formasi Semilir mengalasi Formasi Nglangeran dan menindih Formasi Mandalika di bagian timur serta Formasi Kebo-Butak di bagian barat.

Hasil analisis geomorfologi dan litologi penyusun Formasi Semilir di daerah Waduk Parangjoho dan Songputri, Kecamatan Eromoko, Kabupaten Wonogiri, menunjukkan bahwa kedua cekungan waduk tersebut merupakan alternatif sumber erupsi batuan gunung api penyusun Formasi Semilir di daerah Eromoko. Batuan kunci yang dapat digunakan untuk interpretasi tersebut adalah breksi koignimbrit yang secara deskriptif berupa breksi aneka bahan. Batuan ini dicirikan oleh percampuran pumis dengan berbagai fragmen batuan pejal dan keras yang secara primer berasal dari magma itu sendiri (blok dan bom gunung api yang komagmatik dengan pumis), fragmen batuan aksesori dan batuan asing tertanam di dalam massa dasar abu – lapili gunung api kaya akan pumis. Batuan aksesori berasal dari batuan gunung api lebih tua, sedangkan batuan asing berasal dari batuan dasar di bawah gunung api.

Pada saat terjadi letusan kaldera atau fase penghancuran kerucut gunung api komposit, seluruh batuan di atas magma bertekanan sangat tinggi terlontar keluar. Karena fragmen batuan aksesori dan aksidental memiliki berat jenis tinggi, material tersebut tertinggal di tepi kaldera, sementara abu gunung api dan pumis yang ringan mengendap jauh dari sumber. Di sekitar Waduk Parangjoho dan Songputri, fragmen yang tertinggal tersebut, terdiri atas andesit, andesit piroksen, dasit, dan pumis berukuran dari 10 – 150 cm, yang tertanam di dalam tuf lapili kaya akan pumis. Sebagian fragmen batuan berstruktur bom dan blok gunung api, sedangkan fragmen batuan tua berbentuk sangat menyudut - menyudut, berstruktur kekar prisma atau rekahan gergaji. Erupsi gunung api di Waduk Parangjoho dan Songputri dikontrol oleh struktur rekahan berarah utara - selatan dan merupakan letusan kaldera tipe Katmai.

Kata kunci: Waduk Parangjoho, Songputri, Formasi Semilir, breksi koignimbrit, blok dan bom gunung api, pumis

Abstract

The Semilir Formation was typically originated from products of a very explosive volcanic activity, i.e. breccias, lapillistones, and tuffs containing abundant pumice. It has a light grey to white colour and high silica andesite to dacite in composition, mainly rich in volcanic glass and quartz. Sedimentary structures

of these volcanic rocks are massive, grading, planar bedding, and cross-bedding to antidunes, with grain size varies from ash (≤ 2 mm) to lapilli (2 – 64 mm) to bomb and block (> 64 mm). The formation is widely distributed from the west side (Pleret and Piyungan areas, Bantul Regency, Special Province of Yogyakarta) until Eromoko area in the east (Wonogiri Regency, Jawa Tengah Province). Stratigraphically, the Semilir Formation underlies the Nglangeran Formation, and overlies the Mandalika Formation in the eastern part and Kebo-Butak Formation in the western part.

Geomorphological- and lithological analyses of the Semilir Formation in areas of Parangjoho and Songputri Dams, Eromoko Sub-regency, Wonogiri Regency indicate that the two depressions were alternatively volcanic sources of the Semilir Formation in the Eromoko area. This is proved by the presence of co-ignimbrite breccias (co-ignimbrite lag fall deposits), that descriptively they are polymict breccias. This rock is characterized by a mixing of pumice and various hard rock fragments that primarily are juvenile materials (volcanic blocks, bombs), accessory-, and accidental rock fragments set in pumice-rich volcanic ash and lapilli sizes. The accessory materials came from older volcanic rocks, whereas the accidental ones were originated from basement rocks.

During a caldera forming event or a destruction period of an older composite volcanic cone(s), all older rocks resting above the magma chamber were ejected to the surface by a very high magmatic pressure. Since they were heavier than the juvenile material, most accessory and accidental rock fragments were left (lag fall) in caldera rim behind the ash and pumice flow. In the dam areas of Parangjoho and Songputri, the lag fall fragments consisting of andesite, pyroxene andesite, dacite, and pumice, being 10 – 150 cm in diameter are set in pumice-rich lapilli tuffs. Some of the rock fragments are volcanic blocks and bombs, while the older rocks are angular to very angular shape, having prismatic jointing or jigsaw-crack structures. The eruptions in the Parangjoho and Songputri craters were controlled by north-south trending fractures, and they resemble to the Katmaian caldera explosion type.

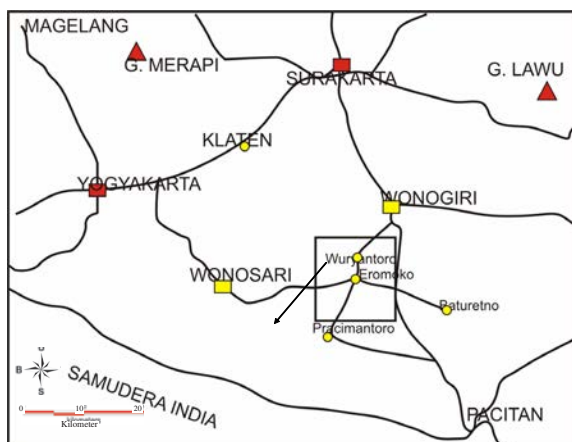
Keywords: Parangjoho, Songputri, Dams, Semilir Formation, co-ignimbrite breccia, volcanic block and bom, pumice

PENDAHULUAN

Mengacu pada Peta Geologi Lembar Yogyakarta (Rahardjo dr., 1977) dan Surakarta-Girintontro (Surono dr., 1992), diketahui bahwa Formasi Semilir tersebar sangat luas. Wilayahnya mulai dari wilayah Kecamatan Piyungan dan Pleret, Kabupaten Bantul, serta Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta di sebelah barat, sampai dengan Kecamatan Eromoko, Wuryantoro dan Manyaran, Kabupaten Wonogiri, Provinsi Jawa Tengah di bagian timur. Bahan penyusun Formasi Semilir berupa batuan klastika gunung api yang secara khas mengandung banyak batuapung atau pumis (*pumice*) dalam berbagai ukuran, mulai dari breksi pumis, batulapili pumis sampai dengan tuf pumis. Sekalipun demikian, sejauh ini belum diketahui lokasi sumber erupsi yang menghasilkan kelompok batuan klastika gunung api tersebut yang kemungkinan berasal dari berbagai sumber. Makalah ini bertujuan untuk mengetahui sumber alternatif yang berlokasi di wilayah Kecamatan Eromoko, Kabupaten Wonogiri. Hal ini dimaksudkan untuk mendukung penelitian kembali geologi Pegunungan Selatan dan pemahaman

stratigrafi arti luas, yang di dalam Sandi Stratigrafi Indonesia (Martodjojo dan Djuhaeni, 1996) dijelaskan sebagai ilmu yang mempelajari aturan tata nama, pemerian, dan mula jadi batuan. Lebih lanjut, dengan mengetahui sumber erupsi beserta proses pembentukan batuan hasil kegiatan gunung api diharapkan diperoleh metode penyatuan batuan yang tidak semata-mata berlandaskan pemerian litostratigrafi, tetapi juga aspek-aspek genesis atau mula jadi batuan. Untuk mencapai tujuan tersebut, permasalahan yang dihadapi adalah pemahaman genesis pembentukan batuan gunung api yang didasarkan pada data pemerian dan dihubungkan dengan proses vulkanisme pembentuknya. Untuk menyelesaikan masalah tersebut, metode penelitian yang digunakan adalah dengan mengidentifikasi berbagai macam batuan piroklastika gunung api fraksi kasar di lapangan, terutama yang banyak mengandung pumis beserta konsep kejadian vulkanismenya.

Lokasi penelitian terletak di wilayah Kecamatan Eromoko, Kabupaten Wonogiri, Provinsi Jawa Tengah (Gambar 1). Waduk Parangjoho memiliki koordinat 7°56'58,9"–57' LS dan 110°49'4,8"–49' BT, sedangkan Waduk Songputri terletak dalam koordinat 7°59'24,7" LS dan 110°49'48,6" BT.



Gambar 1. Peta lokasi dan situasi daerah penelitian.

LANDASAN TEORI

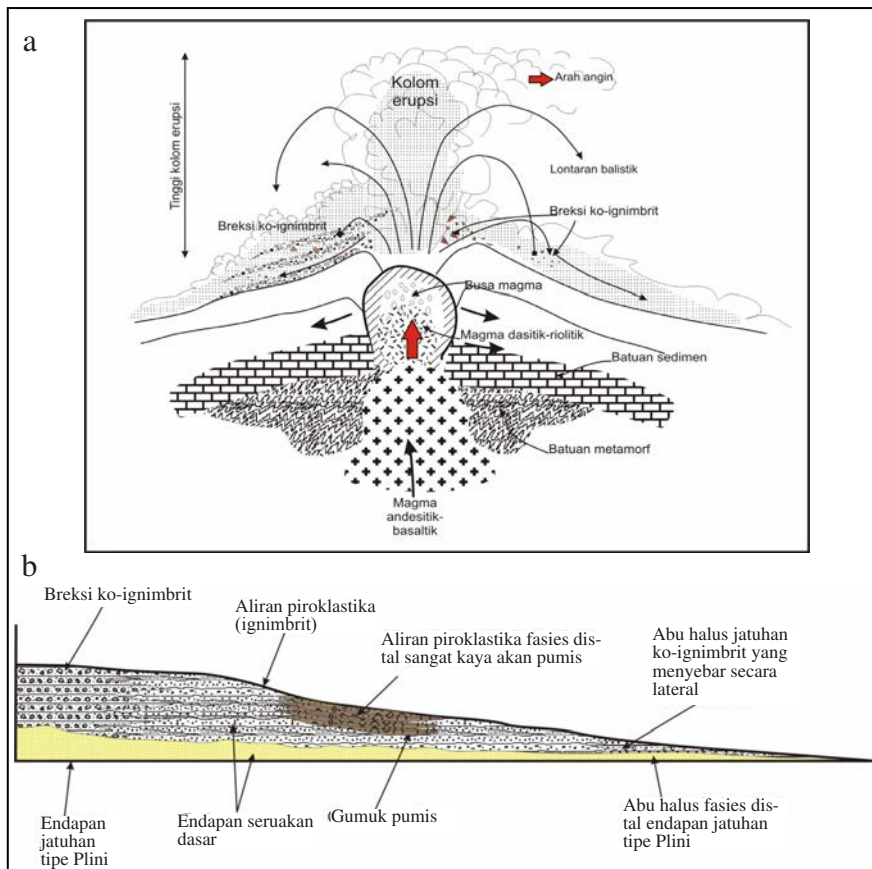
Erupsi gunung api sangat eksplosif selalu bersifat sangat merusak, dan mempunyai kisaran Indeks Letusan Gunung Api (*Volcanic Explosivity Index/ VEI*, Newhall dan Self, 1982) 6 - 8. Secara deskriptif kualitatif, letusannya digolongkan sebagai letusan *cataclysmic*, *paroxysmal* ataupun *colossal* dan diklasifikasikan sebagai erupsi tipe Plini sampai Ultra-Plini dengan volume tefra mencapai $10^{10} - 10^{12} \text{ m}^3$. Letusan sangat dahsyat dengan volume sangat besar tersebut menyebabkan endapan terlampar sangat luas dan sangat tebal. Pada sejarah letusan gunung api di Indonesia, yang dapat digolongkan ke dalam kelompok ini adalah letusan Gunung Api Tambora di Nusa Tenggara pada 1815 dan Gunung Api Krakatau di Selat Sunda pada 1883 (Kusumadinata, 1979; Simkin dan Fiske, 1983). Pada masa prasejarah letusan paroksismal antara lain terjadi di Kaldera Toba di Sumatera Utara, Kaldera Sunda di utara Bandung Jawa Barat, Kaldera Ijen di Jawa Timur, serta Kaldera Batur di Bali (Simkin dan Siebert, 1994).

Letusan besar pembentukan kaldera gunung api disebabkan oleh tekanan gas di dalam magma yang sangat kuat, akibat adanya pemisahan gas dari cairan magma selama proses diferensiasi, dimulai dari basal menjadi andesit basal, andesit dan dasit atau bahkan riolit. Tekanan gas membesar karena terjadi interaksi antara magma dengan air bawah permukaan sehingga menjadi uap air. Ciri khas batuan gunung api produk letusan sangat besar ini banyak mengandung pumis dalam berbagai ukuran

dan berkompposisi asam. Kemungkinan lain terbentuknya tekanan sangat kuat adalah karena terjadinya pencampuran magma basal dengan magma asam (*magma mixing*).

Pada saat terjadi letusan sangat besar ini, bahan yang dirupsikan tidak hanya magma, tetapi juga batuan yang lebih tua di atasnya. Batuan primer yang mewakili cairan magma pada waktu itu adalah pumis ringan (*light pumice*), pumis berat (*dense pumice*), serta bom dan blok gunung api. Keempat bahan magma itu mempunyai komposisi relatif sama sebagai fragmen batuan beku menengah - asam dan sering disebut *juvenile material*. Batuan tua dapat berupa batuan dasar (batuan metamorf, batuan beku intrusi dalam, batuan sedimen meta, dan *accidental rock fragments*) dan batuan gunung api yang sudah ada sebelumnya (*accessory rock fragments*), yang sebagian sudah berubah, teroksidasi atau bahkan lapuk. Fragmen batuan tua dan blok gunung api hampir selalu berbentuk sangat menyudut – menyudut tajam karena terfragmentasi akibat ledakan, diendapkan secara *in situ*, atau belum mengalami pengerjakan ulang melalui proses sedimentasi epiklastika. Pada letusan sangat merusak, kelimpahan fragmen batuan tua bisa sangat tinggi, terutama yang diendapkan di dekat (pematang) kawah atau kaldera gunung api. Hal itu karena batuan tua pada umumnya mempunyai berat jenis lebih besar daripada material gunung api berkompposisi asam, apalagi berupa fragmen pumis dan abu gunung api. Pada saat letusan dan terbentuk awan panas atau aliran piroklastika besar (*block and ash flows*, *pumice flows* atau *ignimbrites*), fragmen batuan tua yang berukuran bongkah (diamater $> 64 \text{ mm}$) tertinggal di dekat kawah, sedangkan sebagian pumis, lapili, dan abu gunung api mengalir menjauhi sumber erupsi (Gambar 2a dan 2b). Wright dan Walker (1977), Wright (1981), serta Walker (1985) menyebut endapan ekor aliran piroklastika kaya fragmen batuan tua ini dengan nama *a coignimbrite lag-fall deposit*, sedangkan Cas dan Wright (1987) memberikan nama *co-ignimbrite breccias* (breksi koignimbrit).

Batuan piroklastika yang banyak mengandung fragmen batuan tua ini dalam pemerian umum dapat pula disebut breksi aneka bahan, karena tersusun atas berbagai macam batuan, baik yang berasal dari magma primer saat erupsi (pumis, bom, dan blok gunung api), maupun fragmen batuan tua (nongu-



Gambar 2. (a) Model letusan gunung api, dan (b) fasies endapannya yang menghasilkan breksi koignimbrit beserta batuan piroklastika kaya batupung (dimodifikasi dari Wright, 1981, dalam Cas dan Wright, 1988).

nung api dan gunung api). Bentuk fragmen sangat menyudut – menyudut tajam, ukuran butir sangat beragam mulai dari pasir, lapili/kerikil sampai blok/bongkah. Pada umumnya batuan ini tidak terpilah, masif, dan tidak ada struktur sedimen. Ketebalan maksimum berada di pematang kaldera, tetapi menipis menjauhi pusat erupsi. Dalam beberapa hal, karena efek pembebanan dan aliran, struktur pemipihan (*fiamme*) dan imbrikasi fragmen batuan dapat dijumpai. Dalam bentang alamnya, breksi piroklastika aneka bahan ini berasosiasi dengan penampakan atau fitur cekungan bekas kawah/kaldera gunung api. Perbedaan utama dengan breksi sedimen aneka bahan yaitu pada tekstur fragmen (sangat menyudut - menyudut tajam), dan litologi penyusun (pumis bercampur fragmen andesit dan batuan tua melimpah), serta asosiasi dengan fitur/penampakan bentang alam cekungan (bekas) kawah/kaldera gunung api.

TATAAN GEOLOGI

Daerah penelitian termasuk kawasan Pejalan Panggung (*Panggung Massive*), yang merupakan bagian fisiografi Pegunungan Selatan. Bagian barat dan selatan Pejalan Panggung merupakan perbukitan kars yang tersusun oleh batugamping, sedangkan di bagian timur dan utara tersingkap batuan gunung api. Ada dua aliran sungai utama di daerah penelitian ini, yaitu Sungai Oyo di bagian barat dan Bengawan Solo di bagian timur. Anak Sungai Oyo kurang berkembang dibandingkan dengan anak Bengawan Solo. Anak-anak Bengawan Solo di wilayah Wonogiri ini bermuara di Waduk Gajahmungkur.

Dari tua ke muda, Surono drr. (1992) dan Sudarno (2007) membagi batuan beku, gunung api, dan sedimen atas: (a) intrusi diorit, lava, dan breksi dasit Formasi Mandalika berumur Oligosen Akhir - Miosen Awal; (b) batupasir tuf dan breksi pumis

Formasi Semilir berumur Miosen Awal - Tengah; (c) breksi andesit, lava, dan aglomerat Formasi Nglanggeran berumur Miosen Awal sampai Tengah bagian bawah; (d) napal dan tuf Formasi Oyo berumur Miosen Tengah; (e) batugamping berlapis Formasi Wonosari berumur Miosen Tengah - Akhir; dan (f) lempung hitam endapan lakustrin Formasi Baturetno atau Formasi Eromoko berumur Kuartar (Tabel 1). Hartono (2000; 2007) melaporkan bahwa pumis di dalam Formasi Semilir itu berkompposisi andesit silika tinggi sampai dasit (61,81 – 67,10 % berat SiO₂), dan bahkan riolit (75,87 % berat SiO₂).

Di daerah penelitian, Formasi Mandalika dapat dijumpai secara setempat di sebelah barat Waduk Songputri, Kecamatan Eromoko. Sementara, Formasi Semilir tersebar luas di daerah Wonogiri selatan - barat daya, mulai dari Gunung Panggung (di sebelah

barat) hingga Tempuran-Eromoko di sebelah timur. Formasi Nglanggeran dijumpai di selatan - barat daya Waduk Parangjoho sampai sebelah utara - barat laut Waduk Songputri. Menurut Surono dr. (1992), Formasi Mandalika secara tidak selaras mengalasi Formasi Semilir, sedangkan Formasi Semilir menjemari dengan Formasi Nglanggeran; keduanya berhubungan tidak selaras dengan Formasi Oyo dan Wonosari (Gambar 3). Seluruh satuan batuan Tersier tersebut berhubungan tidak selaras dengan Formasi Baturetno. Di daerah Eromoko-Wonogiri, Formasi Mandalika diendapkan pada lingkungan darat; Formasi Semilir pada lingkungan laut dangkal (arus kuat) hingga laut dalam yang dipengaruhi oleh arus turbid; Formasi Nglanggeran pada lingkungan laut disertai longsoran bawah laut; Formasi Oyo pada lingkungan laut dangkal dan dipengaruhi kegiatan

WAKTU				FORMASI	LITOLOGI		
QUARTER ZAMAN	KALA	KIS HURUF	ZONA BLOW (1964)				
TERSIER	MIOSEN	PLIOSEN	Th	N 23			
				N 22			
		Abhir	Tg	N 21	F. Kepek	F. Kepek : Perselingan batugamping - napal	
				N 18			
			N 17				
			N 16				
			N 15				
			Tf3	N 14	F. Wonosari - F. Punung	F. Wonosari - F. Punung : Batugamping berlapis, "reefal limestone", batupasir tufan, batugamping napalan, batulanau.	
			Tf2	N 12		F. Oyo : Batugamping tufan, napal tufan, tuf andesitan	
			Tf1	N 11		F. Nampol : Konglomerat, batupasir konglomeratan, aglomerat, batulanau, batulempung, tuf.	
	Miosen Awal	Te5	N 10	F. Sambipitu	F. Sambipitu : Batupasir, serpih, gampingan.		
			N 9	F. Nglanggeran	F. Nglanggeran : Breksi gunungapi, tuf, aglomerat, lava bantal andesit-basal, autoklastik breksi, <i>hyaloclastic breccia</i> .		
		Te4	N 8	F. Semilir	F. Semilir : Tuf, breksi batugamping dasitan, batupasir tufan, serpih.		
			N 5				
		Te1	N 4	F. Kebo Butak	F. Kebo - Butak : Batupasir, batulanau, batulempung, serpih, tuf, aglomerat, lava andesit, breksi andesit.		
			N 3 = P22	F. Basole	F. Basole : Lava bantal dasit sampai andesit, tuf dasitan, retas diorit.		
		Te	N 2 = P21				
			N 1				
		Eosen	Abhir	Tb	P 17	F. Wungkal-Gamping	F. Wungkal - Gampingan : Batupasir, napal pasir, batulempung, lensa batugamping.
					P 16		
Tengah	Ta		P 15				
			P 14				
		P 10					
KAPUR-PALEOGEN AWAL ?				"Batuan Malihan"	Batuan Malihan : Sekis filit, marmor, batuasabak, batuan gunungapi malihan, sedimen malih.		

Gambar 3. Kolom stratigrafi regional daerah Pegunungan Selatan antara Parangtritis hingga Pacitan (Surono dr., 1992).

gunung api; sementara Formasi Wonosari diendapkan pada lingkungan laut dangkal.

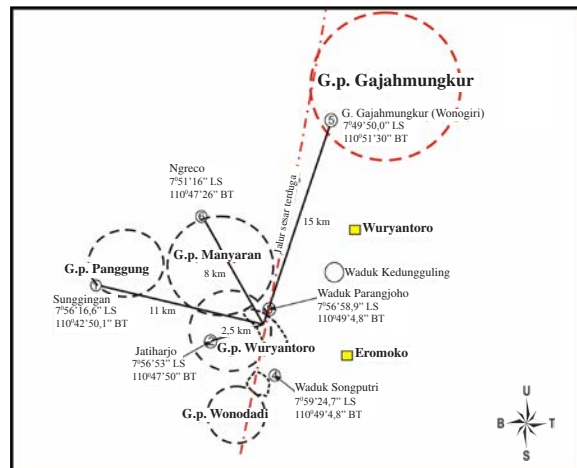
Struktur geologi yang dijumpai di daerah Eromoko dan sekitarnya adalah lipatan berarah umum timur laut - barat daya dan barat - timur dengan sudut kecil 3 - 15°, dan sesar normal dengan pola *antithetic fault block* (Van Bemmelen, 1949) berarah umum barat laut - tenggara (Suro dr., 1992). Pemboran geologi teknik di wilayah *dam site* Parangjoho, dalam rangka pembangunan Waduk Parangjoho dan Songputri, tidak menjumpai adanya struktur geologi bawah permukaan sepanjang wilayah calon pembangunan waduk.

Menurut Suro dr. (1992), suatu cekungan yang tidak mantap telah berkembang di wilayah ini sejak Oligosen Akhir, diawali dengan pembentukan Formasi Kebo-Butak, yang selanjutnya diterobos oleh Formasi Mandalika, lalu pengendapan Formasi Semilir dan Formasi Nglanggeran. Pada Miosen Tengah sampai Pliosen terjadi pengendapan Formasi Oyo dan Formasi Wonosari, yang di wilayah ini penyebarannya hanya setempat. Selanjutnya, pada awal Plistosen terjadi sesar geser-bongkahan, sehingga terbentuk Pegunungan Batur-agung, Plo-poh, Kambengan, dan Pejalan Panggung. Pada Kala Plistosen Tengah deformasi terjadi lagi, sehingga aliran Bengawan Solo berubah dari semula ke selatan menjadi ke barat laut. Proses kedua ini juga diikuti munculnya Gunung Api Lawu, yang sebagian bahan erupsinya membendung Bengawan Solo, sehingga terbentuk Danau Baturetno. Di dalam danau tersebut diendapkan batuan sedimen Formasi Baturetno. Waduk Gajahmungkur sekarang ini menempati sebagian Danau Purba Baturetno, yang arealnya 2,5 kali lebih luas. Berdasarkan penemuan artefak berupa kapak rijang dan andesit di sekitar Danau Baturetno, diperkirakan bahwa di sekeliling danau purba itu hidup manusia zaman batu.

HASIL PENELITIAN

Lokasi Pengamatan Terpilih

Untuk mengetahui sebaran lateral fragmen batuan telah dipilih enam lokasi singkapan di Waduk Parangjoho dan Songputri serta beberapa yang menjauhinya (Gambar 4 dan Tabel 1). Hal itu dimaksudkan agar didapat gambaran perubahan ukuran butir dan kelimpahannya, mulai dari lokasi dekat sampai



Gambar 4. Lokasi pengamatan terpilih gunung api purba, dan struktur kelurusan di daerah penelitian. Lokasi terpilih: 1. Dusun Sunggingan, Umbulrejo, 2. Dusun Jatiharjo, Pasekan, 3. Waduk Parangjoho, 4. Waduk Songputri, 5. Kawasan Gunung Gajahmungkur Wonogiri, dan 6. Dusun Ngrecu. Gunung api purba (G.p.): a. Panggung, b. Manyaran, c. Wuryantoro, d. Wonodadi, dan e. Gajahmungkur (Gajahdangak; Bronto, 2008).

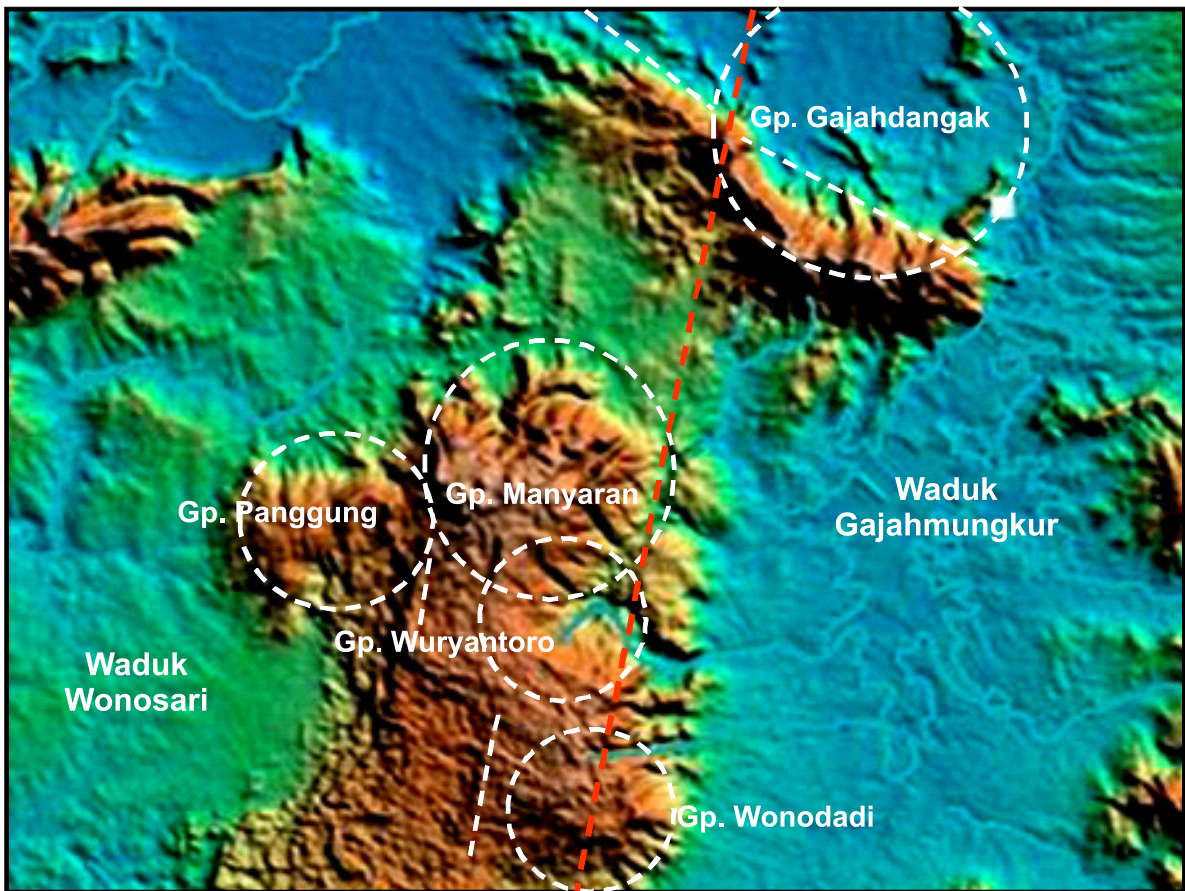
jauh dari perkiraan sumber erupsi. Jumlah lokasi sangat terbatas karena sebagian sebaran Formasi Semilir di daerah ini tertutup oleh Formasi Wonosari dan endapan aluvium, atau sudah lapuk lanjut.

Bentang Alam

Secara umum, daerah penelitian termasuk ke dalam bentang alam Pejalan Panggung (*Panggung Massive*), yang berupa punggung membujur utara - selatan, memisahkan Cekungan Wonosari di sebelah barat dengan Cekungan Eromoko dan Waduk Gajahmungkur di sebelah timur (Gambar 5). Tinggian punggung ini mempunyai panjang 20 km dan lebar 15 km. Punggungan Pejalan Panggung ini dapat dibagi menjadi tiga tinggian dan satu cekungan, yaitu Tinggian Wonodadi (+ 580 m) di bagian selatan, Cekungan Wuryantoro di tengah, Tinggian Manyaran (+ 500 m) di utara, dan Gunung Panggung (+ 470 m) di barat - barat laut. Cekungan Wuryantoro berbentuk bulan sabit membuka ke timur dengan diameter lebih kurang 6 km. Di dalam cekungan ini terdapat lembah Parangjoho (Gambar 6a) yang memanjang utara - selatan berukuran sekitar 750 m x 350 m. Cekungan Songputri (Gambar 6b) yang terletak di kaki timur Tinggian Wonodadi, wilayah Kecamatan Eromoko, mempunyai diameter sekitar

Tabel 1. Lokasi Pengamatan terpilih Singkapan Breksi dan Batulapili kaya akan Pumis Formasi Semilir, Posisi Koordinat, dan Pemerannya; serta Gunung Api purba, dan Struktur Kelurusan di Daerah Penelitian

Nomor lokasi	Lokasi administrasi dan posisi koordinat.	Pemerian
1	Dusun Sunggingan, Desa Umbulrejo, Kecamatan Ponjong, Wonosari. 7° 56' 16,6" LS – 10° 42' 50,1" BT	Jarak dari Waduk Parangjoho sekitar 11 km ke barat. singkapan breksi pumis (<i>pumice-rich lapillistones</i>) tebal 3 - 8 m, ditindih batugamping Formasi Wonosari. Breksi pumis berstruktur <i>antidunes</i> , pemilahan jelek-sedang, kemas terbuka, bentuk butir menyudut meruncing, diameter rata-rata 4 cm dan umumnya tersusun atas fragmen pumis, sebagian berbentuk struktur pemipihan (<i>fiamme structure</i>). Fragmen batuan terdiri atas dasit, andesit, dan andesit basal berbentuk sangat menyudut sampai menyudut, tepi fragmen sangat tajam dengan ukuran butir rata-rata 1 – 5 cm. Kontak antara Formasi Semilir dengan batugamping di atasnya dijumpai di Dusun Blimbing (posisi 7°56'45,9" LS dan 110°42'58" BT), berupa perubahan berangsur mulai dari breksi pumis, tuf kasar, batupasir kuarsa, batupasir karbonatan, dan batulanau karbonatan lunak dan lapuk, yang mempunyai kedudukan U242°T/10°.
2	Dusun Jatiharjo, Desa Pasekan, Kecamatan Eromoko, Wonogiri. 7° 56' 53,0" LS – 10° 42' 50,1" BT	Jarak dari Waduk Parangjoho sekitar 2,5 km ke barat. Breksi aneka bahan tebal tersingkap 30 - 50 cm ditindih breksi pumis tebal 10 - 30 cm dengan kedudukan U162°T/15°. Breksi aneka bahan mengandung fragmen batuan dan pumis yang tertanam di dalam massa dasar tuf lapili pumis. Fragmen batuan terdiri atas andesit, andesit basal, andesit piroksen, dan dasit berbentuk menyudut tajam sampai menyudut tanggung, ukuran butir rata-rata 25 – 50 cm. Pumis berdiameter 1 – 3 cm, putih kekuningan, struktur rongga berserat.
3	Waduk Parangjoho. 7° 56' 58,9" LS – 110° 49' 4,8" BT	Pada dinding timur waduk tersingkap perselingan breksi aneka bahan, batulapili pumis dan tuf pumis, variasi ketebalan 20 - 50 cm, kedudukan U 266°T/8°. Breksi ini berupa endapan masif, terpilah sangat buruk sampai buruk, kemas terbuka, tersusun atas fragmen bom dan blok andesit piroksen dan dasit, bentuk butir fragmen sangat menyudut sampai menyudut tajam, ukuran butir rata - rata 5 - 15 cm dan terbesar 80 cm tertanam dalam matriks tuf lapili pumis. Tuf itu berstruktur laminasi sampai berlapis, terpilah sedang-buruk, kemas terbuka dan tersusun atas fragmen pumis berukuran lapili yang tertanam di dalam abu gunung api. Lima puluh meter ke selatan (7°57'00" LS dan 110°49'00" BT) tersingkap perlapisan breksi aneka bahan yang mencapai ketebalan 5 - 10 m, bersamaan dengan perlapisan breksi pumis (tebal 20 - 60 cm) dan tuf lapili pumis, tebal 20 - 35 cm. Breksi pumis dan tuf lapili pumis kadang-kadang menyisip dan melensa di dalam breksi aneka bahan setebal 5 - 10 cm. Breksi aneka bahan dicirikan oleh struktur masif, terpilah sangat buruk atau bahkan tidak terpilah, kemas terbuka, didominasi oleh bom dan blok gunung api berbutir sangat kasar yang kadang-kadang menunjukkan arah umum penyirapan ke utara (U350-5° T), tertanam di dalam massa dasar batulapili dan tuf kaya pumis. Sebagai fragmen breksi aneka bahan, bom dan blok gunung api berkomposisi andesit, andesit basal, andesit piroksen, dan dasit, berbentuk menyudut tajam, atau agak membulat tetapi tekstur permukaan sangat kasar, berdiameter 60 - 150 cm. Fragmen batuan lain berupa metasedimen yang menyudut tajam dan sangat keras, berdiameter 4 - 10 cm, fragmen batuan andesit terubah dan teroksidasi. Baik fragmen tua maupun bom dan blok gunung api sering membentuk kekar prisma (<i>prismatic jointings</i>) atau rekahan gergaji (<i>jigsaw-cracks</i>). Breksi pumis dominan pumis berdiameter 2 - 10 cm, sangat kaya kuarsa runcing-runcing dan bipiramidal.
4	Waduk Songputri. 7° 59' 24,7" LS – 110° 49' 48,6" BT	Jarak dari Waduk Parangjoho sekitar 5 km ke selatan. Pada dinding utara waduk tersingkap breksi aneka bahan yang ditindih batugamping Formasi Wonosari. Breksi itu mengandung bom dan blok gunung api andesit piroksen, diameter rata-rata 10 - 30 cm dan maksimum 110 cm, tertanam di dalam batulapili pumis berdiameter 2 - 5 cm. Fragmen batuan aksesoris menyudut - menyudut tanggung, sebagian telah teroksidasi, cukup merata, berdiameter 35 - 50 cm.
5	Gunung Gajahmungkur, Wonogiri. 7° 49' 50,0" LS – 51° 30,0" BT	Jarak dari Waduk Parangjoho sekitar 15 km ke utara. Singkapan perlapisan breksi pumis, batulapili dan tuf, di lokasi galian batu, putih – putih abu-abu. Breksi dan batulapili didominasi pumis, banyak mengandung kuarsa. Fragmen batuan sangat jarang berdiameter < 1 - 2 cm atau bahkan tidak ada.
6	Dusun Ngreco, Desa Manyaran, Wonogiri. 7° 51' 16,0" LS – 110° 47' 26,0" BT	Jarak dari Waduk Parangjoho sekitar 8 km ke barat laut, berupa breksi dan batulapili pumis. Fragmen batuan tidak ada, seluruhnya tersusun oleh pumis tertanam di dalam abu gunung api.



Gambar 5. Bentang alam Pejalan Panggung, berupa punggung membujur utara - selatan, memisahkan Cekungan Waduk Wonosari di sebelah barat dengan Waduk Gajahmungkur di sebelah timur. Di dalam Pejalan Panggung terdapat Tinggian Wonodadi, Cekungan Wuryantoro, Tinggian Manyaran, dan Tinggian Panggung; masing-masing sudah diinterpretasikan sebagai gunung api purba (Gp.; Bronto, 2008). Di sebelah utara Pejalan Panggung ini terdapat Gunung Api purba Gajahdangak, sedangkan jauh ke selatan terdapat Gunung Api purba Wediombo.



Gambar 6.(a). Waduk Parangjoho, dan (b) Waduk Songputri di wilayah Kecamatan Eromoko, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah.

375 m. Pada saat ini, kedua cekungan tersebut dimanfaatkan sebagai waduk pemilah (penampung sedimen) bagi Waduk Gajahmungkur. Selain Waduk Parangjoho dan Songputri, di wilayah Kecamatan Wuryantoro dan Eromoko ini juga terdapat Waduk Kedungguling dan Beran, berukuran lebih kecil (diameter 250 m – 300 m), yang juga berfungsi sebagai waduk penampung sedimen untuk mengurangi kecepatan pendangkalan di Waduk Gajahmungkur. Waduk itu menempati Cekungan Eromoko atau Cekungan Baturetno, yang merupakan daerah hulu aliran Bengawan Solo dan bekas Danau Purba Baturetno.

Ada dua aliran sungai utama di daerah penelitian ini, yaitu Sungai Oyo di bagian barat dan Bengawan Solo di bagian timur. Di lereng barat Pejalan Panggung, anak Sungai Oyo kurang berkembang atau sangat jarang. Hal itu kemungkinan lebih dikontrol oleh litologi penyusun di daerah ini, terutama adalah batugamping kars Formasi Wonosari. Sungai Oyo mengalir ke barat melalui Cekungan Wonosari, kemudian menyatu dengan Sungai Opak yang bermuara di daerah Parangtritis, Kabupaten Bantul, Yogyakarta, dan masuk ke Samudera India. Di lereng timur Pejalan Panggung alur-alur sungai anak Bengawan Solo berkembang sangat rapat, sebagian masuk ke dalam Waduk Parangjoho, Songputri, Kedungguling, dan Beran sebelum bermuara di Waduk Gajahmungkur. Rapatnya alur-alur anak Bengawan Solo tersebut kemungkinan lebih dikontrol oleh litologi penyusun di daerah ini, yang berupa ba-

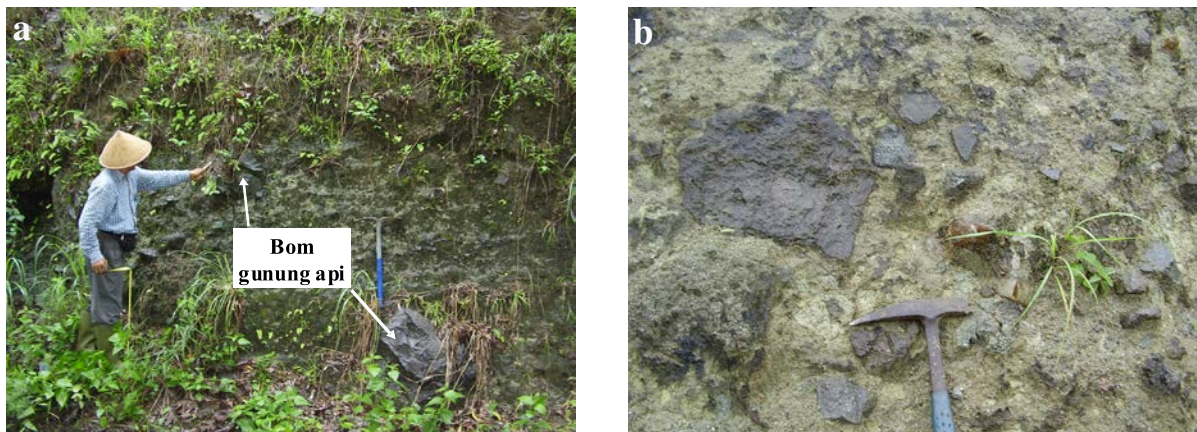
tuhan gunung api yang sebagian sudah sangat lapuk. Khusus di bagian paling selatan Pejalan Panggung, alur sungai berpola semiradier menjauhi Tinggian Wonodadi ke arah timur dan selatan. Tinggian tersebut bersama-sama dengan Tinggian Manyaran, Tinggian Panggung, dan Cekungan Wuryantoro di Pejalan Panggung diperkirakan sebagai fosil gunung api purba (Bronto, 2008).

Litologi

Dari pemerian singkapan batuan di lokasi pengamatan terpilih (Tabel 1) diketahui adanya perubahan ukuran butir fragmen batuan pejal, terutama fragmen batuan aksesori (batuan gunung api tua), blok dan bom gunung api, mulai dari daerah Waduk Parangjoho dan Songputri sampai dengan lokasi yang menjauhinya. Pada dinding timur Waduk Parangjoho (lokasi 3, Gambar 4) tersingkap perselingan breksi aneka bahan, batulapili pumis, dan tuf pumis. Perlapisan breksi aneka bahan mencapai ketebalan 5 - 10 m, perlapisan breksi pumis 20 - 60 cm, dan tuf lapili pumis 20 - 35 cm (Gambar 7a). Breksi aneka bahan ini berupa endapan masif, terpilah sangat buruk sampai buruk, kemas terbuka, tersusun atas fragmen batuan aksesori, pumis, blok, dan bom gunung api (Gambar 7b dan 8). Bentuk butir fragmen batuan aksesori dan blok andesit sangat menyudut sampai menyudut, ukuran butir terbesar mencapai 80 – 150 cm. Seluruh fragmen batuan tersebut tertanam dalam matriks tuf lapili pumis. Perbedaan yang mencolok antara fragmen



Gambar 7. (a) Singkapan perlapisan breksi aneka bahan, breksi pumis, dan batulapili di tepi timur Waduk Parangjoho (pandangan jauh). (b) Breksi aneka bahan di tepi timur Waduk Parangjoho (pandangan dekat), yang terdiri atas fragmen batuan (warna gelap) dan fragmen pumis (warna terang) tertanam di dalam tuf lapili pumis.



Gambar 8. (a) Bom gunung api di dalam breksi aneka bahan di tepi timur Waduk Parangjoho. (b) Breksi aneka bahan di tepi timur Waduk Parangjoho, yang banyak mengandung fragmen batuan menyudut tertanam di dalam matriks tuf lapili pumis.

batuan aksesori dengan blok andesit yaitu pada tingkat kesegarannya. Blok gunung api sebagai bahan magmatik primer pada letusan waktu itu tampak segar seperti halnya bom gunung api, tidak terubah, dan tidak teroksidasi. Sebaliknya, fragmen batuan aksesori sudah mengalami ubahan hidrotermal, oksidasi, dan bahkan sebagian telah mengalami pelapukan. Bom gunung api dicirikan dengan bentuk agak membulat, berstruktur kekar pendinginan, dan mempunyai tekstur permukaan sangat kasar, yang mengindikasikan belum mengalami abrasi akibat pengerjaan ulang. Fragmen batuan pejal tersebut kadang-kadang memperlihatkan struktur penyirapan (imbrikasi) ke arah $U350 - 355^{\circ} T$, yang menunjukkan gerakan aliran ke utara - barat laut. Sebagai fragmen breksi aneka bahan, batuan aksesori, blok, dan bom gunung api tersebut mempunyai ragam komposisi, yakni andesit, andesit basal, andesit piroksen, dan dasit. Untuk pumis sendiri, karena banyak mengandung kuarsa diperkirakan mempunyai komposisi dasit sampai riolit. Fragmen batuan asing berupa metasedimen yang sangat menyudut, berdiameter 4 - 10 cm, dan sangat keras. Baik fragmen batuan metasedimen, batuan aksesori, maupun bom dan blok gunung api sering membentuk kekar prisma (*prismatic joints*) atau rekahan gergaji (*jigsaw-cracks*) akibat terhempas setelah dilontarkan dari bawah permukaan pada waktu terjadi letusan. Breksi pumis mengandung fragmen pumis berdiameter 2 - 10 cm dan sangat kaya akan mineral kuarsa berbentuk runcing-runcing dan bipiramidal. Kuarsa dengan butiran meruncing diperkirakan mengkristal

tidak sempurna karena pendinginan magma sangat mendadak pada saat dilontarkan ke permukaan bumi selama terjadi letusan. Kuarsa bipiramidal mungkin sudah mengkristal lebih dulu di dalam dapur magma, kemudian ikut terlontarkan saat letusan, sehingga bentuk kristalnya cukup sempurna. Fragmen batuan metasedimen diperkirakan berasal dari batuan sedimen di bawah gunung api yang mengalami pemalihan derajat rendah akibat efek panas magma, sebelum ikut terlontarkan selama terjadi letusan besar.

Pada dinding utara Waduk Songputri (lokasi 4, Gambar 4) kembali tersingkap breksi aneka bahan yang ditindih batugamping Formasi Wonosari. Breksi tersebut mengandung bom dan blok gunung api berkomposisi andesit piroksen, diameter rata-rata 10 - 30 cm dan maksimum 110 cm, tertanam di dalam batulapili pumis berdiameter 2 - 5 cm. Blok atau fragmen batuan beku pejal tersebut berbentuk menyudut hingga menyudut tanggung, sebagian telah teroksidasi sehingga menunjukkan sebagai batuan aksesori.

Dari data pemboran geologi teknik di Waduk Parangjoho didapatkan andesit piroksen menebal ke arah bukit di sebelah barat, sedangkan pada dinding barat daya Waduk Songputri juga ditemukan breksi autoklastika andesit piroksen (Anonim, 1976). Kedua tubuh batuan beku andesit piroksen itu diperkirakan sebagai produk erupsi lelehan Gunung Api Purba Wonodadi. Pada lubang bor (LB 2) *dam site* dijumpai perselingan breksi tuf dan tuf kasar berfragmen andesit retak-retak (breksi aneka

bahan dengan fragmen bom atau blok gunung api berwarna coklat kehitaman sampai kemerahan hingga kedalaman 35,20 m (Anonim, 1976). Hal ini menunjukkan bahwa di kawasan Waduk Parangjoho – Songputri ketebalan endapan breksi aneka bahan mencapai lebih dari 35 m. Selain batuan klastika gunung api, di lubang bor PT2 ditemukan sisa kayu pada kedalaman 28,4 - 29 m, dan 34,04 m, yang mencirikan lingkungan asal darat. Sementara itu, di dalam lubang bor SP2 dijumpai andesit setebal 20,75 m, dan di bawahnya breksi gunung api setebal 2 m yang berwarna abu-abu kehijauan. Perlapisan batuan beku (lava) andesit dan breksi gunung api itu diperkirakan sebagai batuan ekstrusi gunung api komposit setempat (Wonodadi), sedangkan warna abu-abu kehijauan menunjukkan bahwa batuan tersebut sudah mengalami ubahan hidrotermal, terutama kloritisasi. Ubahan hidrotermal itu ikut mendukung pernyataan bahwa batuan gunung api komposit purba Wonodadi lebih dulu terbentuk daripada breksi aneka bahan. Perkiraan ini juga dilandasi oleh tataan stratigrafi regional bahwa Formasi Mandalika yang tersusun oleh batuan gunung api komposit ditindih oleh Formasi Semilir (Suroño drr., 1992) yang mengandung breksi pumis dan breksi aneka bahan.

Di Dusun Jatiharjo, lokasi pengamatan 2 (Gambar 4), yang berjarak lurus 2,5 km di sebelah barat Waduk Parangjoho, dijumpai singkapan breksi aneka bahan yang ditindih oleh breksi pumis, masing-masing mempunyai tebal 30 – 50 cm dan 10-30 cm dengan arah kedudukan $U162^{\circ}T/15^{\circ}$. Breksi aneka bahan mengandung fragmen batuan dan pumis yang tertanam di dalam massa dasar tuf lapili pumis. Fragmen batuan terdiri atas andesit, andesit basal, andesit piroksen, dan dasit berbentuk menyudut sampai menyudut tanggung, berukuran butir rata-rata 25 – 50 cm (Gambar 9). Ke arah barat laut, pada posisi $7^{\circ}56'35,9''$ LS dan $110^{\circ}47'40,2''$ BT di halaman Sekolah Dasar Negeri 3 Pasekan, Eromoko, dijumpai perlapisan breksi pumis dengan fragmen arang kayu, batulapili, tuf kasar - tuf halus, batulanau dan lignit, yang mempunyai arah kedudukan $U71^{\circ}T/11^{\circ}$. Perlapisan batuan klastika gunung api yang banyak mengandung pumis tetapi tidak mengandung fragmen batuan pejal ini diperkirakan sebagai bahan rombakan batuan piroklastika Formasi Semilir. Dijumpainya arang kayu dan lapisan lignit merupakan suatu petunjuk bahwa lingkungan asal batuan gunung api ini adalah darat.



Gambar 9. Breksi aneka bahan, di Dusun Jatiharjo, Desa Pasekan (lokasi pengamatan 2, Gambar 4).

Di kawasan Gunung Panggung bagian selatan, Dusun Sunggingan (lokasi 1, Gambar 4), Desa Umbulrejo, Kecamatan Ponjong, dijumpai singkapan batulapili pumis (*pumice-rich lapillistones*) setebal 3-8 m, yang termasuk ke dalam Formasi Semilir dan langsung ditindih oleh batugamping Formasi Wonosari. Lokasi pengamatan ini berjarak 11 km ke barat dari Waduk Parangjoho. Batulapili atau breksi pumis ini dicirikan oleh struktur *antidunes*, terpilah jelek - sedang, kemas terbuka, dengan bahan penyusun utama pumis berdiameter rata-rata 4 cm, sebagian mengalami pemipihan (*fiamme structure*), tetapi belum sampai terjadi pengelasan. Fragmen batuan pejal sangat jarang ditemukan, berbentuk sangat menyudut - menyudut, berdiameter 1 - 5 cm. Adanya struktur *antidunes* mencerminkan jarak cukup jauh dari sumbernya karena pada jarak yang lebih dekat struktur sedimen yang terbentuk berupa perlapisan silang - siur, *dunes* dan *antidunes* (Cas and Wright, 1987). Jarak cukup jauh dari sumbernya itu sesuai dengan data fragmen batuan yang sangat jarang dan ukuran butir menghalus menjauhi sumber. Kontak antara Formasi Semilir dengan batugamping di atasnya dijumpai di Dusun Blimbing (posisi $7^{\circ}56'45,9''$ LS dan $110^{\circ}42'58''$ BT), berupa perubahan berangsur mulai dari breksi pumis, tuf kasar, batupasir kuarsa, batupasir karbonatan, dan batulanau karbonatan lunak dan lapuk, yang mempunyai arah kedudukan $U242^{\circ}T/10^{\circ}$. Perlapisan batupasir kuarsa sampai dengan batulanau karbonatan merupakan bahan rombakan yang semakin banyak mengandung bahan karbonat sebelum ditindih total

oleh batugamping Formasi Wonosari, yang memiliki struktur perlapisan hampir horizontal. Data itu menunjukkan bahwa setelah kegiatan gunung api setempat berhenti, proses berikutnya adalah pengerjaan ulang batuan yang sudah ada, dan cekungan sedimentasi secara berangsur mengalami penurunan, sehingga terbentuk batuan karbonat.

Pada lokasi 5 di kawasan Gunung Gajahmungkur, Wonogiri dan lokasi 6 (Gambar 4) Dusun Ngreco, yang masing-masing berjarak 8 km dan 15 km dari Waduk Parangjoho, fragmen batuan pejal sudah sangat jarang dijumpai di dalam breksi dan batulapili pumis, atau bahkan tidak ada sama sekali (Gambar 10). Kalau ada, fragmen batuan itu hanya berukuran 1 - 2 cm, meskipun bentuk butirnya masih tetap sangat menyudut sampai menyudut.



Gambar 10. Singkapan breksi pumis di Desa Ngreco, Kecamatan Manyaran, Kabupaten Wonogiri. Fragmen batuan didominasi oleh pumis, sedang bahan litik hanya berbutir halus terdapat di dalam matriks.

PEMBAHASAN

Ditemukannya batuan beku andesit sebagai singkapan dan melalui pemboran di daerah Parangjoho dan Songputri menjadi pendukung kuat adanya fosil gunung api di kawasan Pejalan Panggung, khususnya Gunung Api purba Wuryantoro dan Eromoko atau Wonodadi (Bronto, 2008, *in press*). Hal ini didasarkan pada pemahaman bahwa magma dan aliran lava, yang keduanya setelah membeku membentuk batuan beku intrusi dan ekstrusi gunung api, tidak akan dapat mengalir dalam jarak sangat jauh, apalagi secara turbidit. Dilaporkan oleh Anonim (1976)

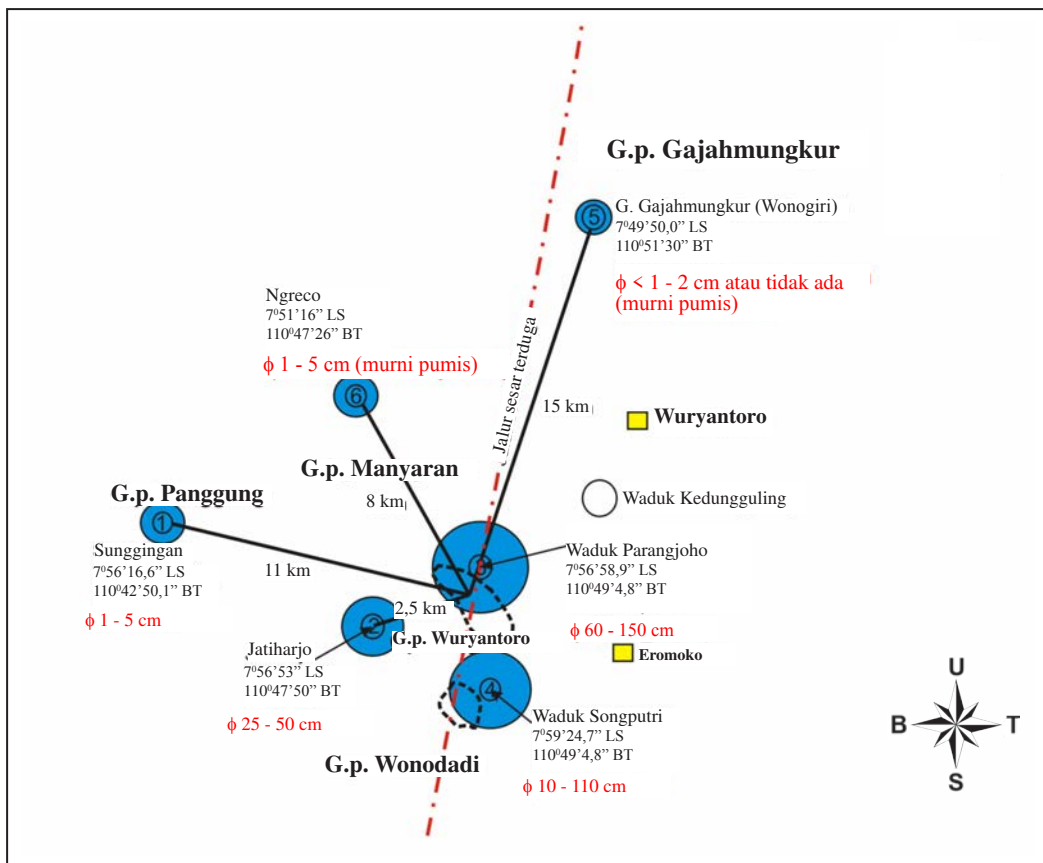
bahwa di bawah andesit piroksen adalah breksi gunung api setebal 2 m berwarna abu-abu kehitaman. Informasi itu dan keterdapatannya di lereng timur Gunung Api purba Wonodadi menunjukkan bahwa andesit tersebut adalah aliran lava yang berasosiasi dengan breksi gunung api, sebagai bagian dari fasies proksi Gunung Api komposit Wonodadi (Bronto, 2006).

Breksi aneka bahan dijumpai di tepi timur Waduk Parangjoho (lokasi 3, Tabel 1), tepi utara Waduk Songputri (lokasi 4), dan Dusun Jatiharjo, Desa Pasekan (lokasi 2). Breksi ini tersusun oleh pumis, bom, dan blok gunung api berkomposisi andesit-dasit sebagai material magma pada saat itu (*juvenile material*), fragmen andesit basal, andesit, dan ubahan hidrotermal sebagai material aksesoris batuan gunung api yang lebih tua (*accessory rock fragments*), serta fragmen batuan asing (*accidental rock fragments*) seperti halnya metasedimen. Seluruh fragmen batuan tersebut tertanam di dalam matriks tuf lapili pumis. Campuran aneka bahan mulai dari pumis, bom, dan blok gunung api, serta material aksesoris dan batuan asing yang masih berbentuk sangat menyudut sampai menyudut, berstruktur kekar prisma dan rekahan gergaji diinterpretasikan sebagai produk letusan gunung api yang membentuk breksi koignimbrit. Pendapat ini juga sudah mempertimbangkan aspek sedimentologi secara umum, yang menyangkut dua hal. Pertama secara sedimentasi epiklastika tidak mungkin pumis yang relatif lunak bercampur dengan fragmen batuan pejal yang keras dan tahan erosi. Kedua, fragmen batuan masih berbentuk sangat menyudut sampai menyudut, dan sebagian mengalami kekar prisma serta rekahan gergaji yang mengindikasikan belum mengalami proses pengerjaan ulang. Secara vulkanologis, melimpahnya pumis dalam berbagai ukuran bersama-sama dengan bom dan blok gunung api menjadi ciri khas bahan piroklastika. Fragmen batuan gunung api tua (batuan aksesoris) di dalam bahan piroklastika tersebut yang berbentuk sangat menyudut - menyudut dan sebagian mengalami kekar prisma dan rekahan gergaji, diyakini berasal dari batuan gunung api tua (Wonodadi) di daerah itu. Sementara fragmen batuan metasedimen berasal dari batuan sedimen di bawah batuan gunung api Wonodadi.

Hasil pengukuran fragmen batuan pejal di dalam Formasi Semilir ini menunjukkan bahwa fragmen

batuan berukuran butir paling besar (60 - 150 cm) terkonsentrasi di sekitar Cekungan Parangjoho dan Songputri, serta menghalus di Dusun Jatiharjo, Desa Pasekan (berukuran butir rata-rata 25 – 50 cm), yang terletak 2,5 km di sebelah barat Waduk Parangjoho (Gambar 11). Lebih jauh lagi, yakni di Dusun Ngreco (8 km), Sunggingan (11 km) dan Gajahmungkur (15 km) ukuran butir fragmen batuan pejal lebih halus lagi (1 - 5 cm), atau bahkan tidak ada sama sekali. Kenyataan ini memberikan dua penalaran. Pertama, baik secara sedimentologis maupun vulkanologis, breksi koignimbrit di daerah penelitian diinterpretasikan berasal dari kawah purba Waduk Parangjoho dan Waduk Songputri, sebagai sumber alternatif batuan piroklastika kaya akan pumis di dalam Formasi Semilir. Jelasnya, dengan didukung oleh bentuk bentang alam Cekungan Waduk Parangjoho dan Songputri, breksi koignimbrit berasal

dari erupsi eksplosif di kawah purba Parangjoho dan Songputri. Lebih jauh lagi, perlapisan breksi koignimbrit di Waduk Parangjoho dan Songputri, yang mencapai ketebalan 5 - 10 m dan totalnya lebih dari 35 m, tetapi menipis di Dusun Jatiharjo (30 - 50 cm), ikut mendukung interpretasi tersebut di atas. Apabila ada sumber lain, tentunya akan ditunjukkan oleh sebaran ukuran butir rata-rata terbesar di luar Waduk Parangjoho dan Songputri. Kedua, secara stratigrafis, breksi koignimbrit di Waduk Parangjoho dan Songputri, yang menghalus ke arah Jatiharjo dan hanya berjarak 2,5 km ke barat, diperkirakan selain dari sumber yang sama juga mempunyai umur yang sama. Batuan Formasi Semilir di Ngreco, Sunggingan, dan Gajahmungkur, yang berjarak 8 - 15 km dari Waduk Songputri, mungkin saja mempunyai umur berbeda dan sumber berbeda. Kalau anggapan ini benar, tentunya sumber



Gambar 11. Sebaran ukuran fragmen batuan di lokasi penelitian. Ukuran butir terbesar rata-rata dan melimpah terdapat di Waduk Parangjoho serta Songputri, dan cenderung menghalus ke Jatiharjo serta lokasi-lokasi yang lebih jauh. Lingkaran garis putus-putus sebelah utara adalah batas Waduk Parangjoho, sedang di sebelah selatan area adalah Waduk Songputri.

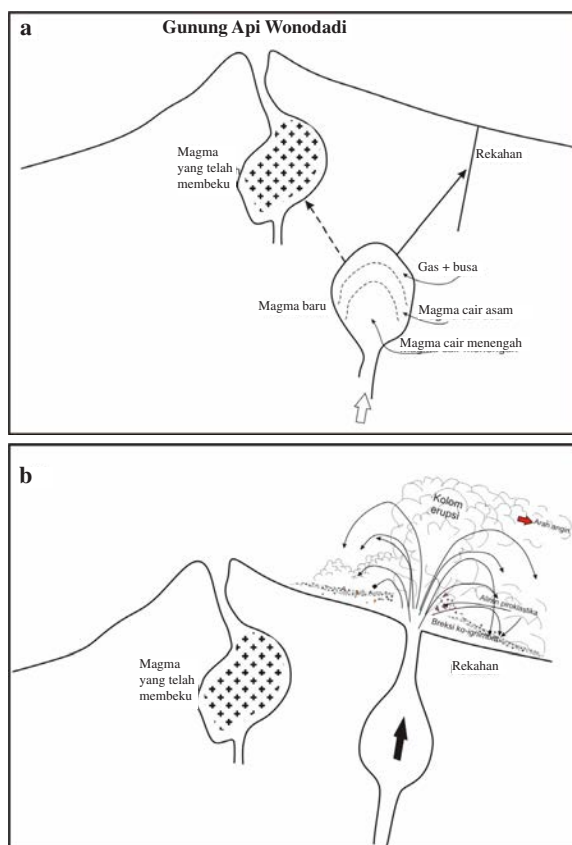
erupsinya berada di luar daerah penelitian. Untuk melakukan verifikasi terhadap permasalahan ini masih diperlukan penelitian lebih lanjut, apalagi mengingat batuan gunung api pembentuk Formasi Semilir tersebar sangat luas di Pegunungan Selatan Yogyakarta dan Jawa Tengah.

Akan tetapi, apabila batuan Formasi Semilir mulai dari Waduk Parangjoho dan Songputri sampai dengan Dusun Sunggingan, Ngreco, dan Gunung Gajahmungkur masih dalam umur yang sama, maka model fasies breksi koignimbrit yang ke arah distal berubah menjadi breksi pumis, batulapili pumis dan tuf pumis (Gambar 2b) adalah benar adanya. Bahan piroklastika ini setelah dilontarkan dari lubang kawah Waduk Parangjoho dan Songputri kemudian mengalir karena gravitasi, yang dikenal di antara para ahli gunung api sebagai aliran piroklastika (*pyroclastic flows*; Fisher dan Schmincke, 1984; Cas dan Wright, 1987). Aliran gravitasi piroklastika ini dapat dibedakan secara jelas dengan aliran gravitasi batuan sedimen epiklastika berdasarkan tekstur, struktur, dan komposisi bahan penyusunnya. Dengan adanya struktur *antidunes*, mekanisme pembentukan breksi pumis tidak hanya mengalir karena gravitasi, tetapi juga berhembus atau menyeruak (*surging*) sehingga membentuk hembusan piroklastika (*pyroclastic surge*). Pada letusan sangat besar, mekanisme aliran karena gravitasi dan seruakan piroklastika serta bentuk endapannya sering tidak dapat dipisahkan, dan dikenal sebagai endapan *pyroclastic density currents* (Braney dr., 2002). Indikasi adanya batuan ini di dalam Formasi Semilir dapat ditemukan antara lain di kawasan Gunung Gajahmungkur, Wonogiri.

Sebagai bahan klastika gunung api fraksi halus, abu gunung api dapat berfungsi sebagai semen dan pengisi rongga antarfragmen batuan. Pada aliran piroklastika, sebagian besar abu gunung api mengalir ke arah distal, sehingga breksi koignimbrit yang berada di bagian ekor aliran lebih banyak tersusun oleh fragmen batuan dan pumis. Fragmen batuan dan pumis yang tidak tersemenkan atau ruang antarbutirnya tidak terisi oleh abu gunung api bersifat lepas dan banyak pori-pori antarbutir terbuka. Hal itu menyebabkan porositas dan permeabilitas breksi koignimbrit sangat tinggi. Kenyataan ini terjadi saat pembangunan tanggul Waduk Parangjoho (Rahardjo, kom. lisan), pada

uji permeabilitas batuan, air yang dimasukkan ke dalam lubang bor cepat hilang, dan penyemenan membutuhkan banyak lumpur semen.

Sebagai bagian dari Formasi Mandalika, batuan Gunung Api komposit Wuryantoro, Wonodadi dan Manyaran berada di bawah Formasi Semilir. Ini berarti letusan dahsyat melalui kawah Parangjoho dan Songputri terjadi setelah ketiga gunung api komposit tersebut terbentuk. Kawah Parangjoho masih di dalam cekungan kaldera Wuryantoro, tetapi Songputri terletak di lereng timur Gunung Api purba Wonodadi. Hal tersebut mungkin disebabkan oleh adanya bidang lemah atau rekahan sesuai dengan struktur kelurusan pada citra *landsat* (Gambar 4), dan di bawah kawah Gunung Api Wonodadi terdapat sumbat lava yang sudah beku dan sangat kuat. Kegiatan magma berikutnya tidak mampu menerobos sumbat lava itu tetapi bergerak ke samping mengikuti bidang lemah, kemudian mengakibatkan terjadinya letusan samping seperti erupsi tipe Gunung St. Helens pada tahun 1980 (Voight dr., 1983). Namun, sejauh ini belum ditemukan adanya endapan longSORan gunung api seperti terjadi di Gunung St. Helens. Alternatif lain untuk menjelaskan letusan di Kawah Parangjoho dan Songputri mengacu pada erupsi tipe Katmai (Macdonald, 1972; Williams dan McBirney, 1979). Para peneliti tersebut menjelaskan bahwa magma di bawah Gunung Api Katmai bergerak ke permukaan tetapi di luar kawah pusat sehingga menimbulkan letusan dahsyat dan menyemburkan bahan piroklastika kaya akan pumis dalam jumlah yang sangat besar. Selama bergerak ke atas, magma mengalami diferensiasi sehingga bagian teratas terdiri atas gas dan busa magma yang bertekanan sangat tinggi. Busa magma ini setelah dilontarkan ke permukaan menjadi pumis. Di bawah gas dan busa magma adalah cairan magma dasit atau bahkan riolit, dan lapisan terbawah adalah magma andesit. Perpindahan titik letusan ini mungkin juga karena adanya magma yang sudah beku sebagai sumbat sangat kuat di bawah Gunung Api Wonodadi (Gambar 12). Karena letusan terjadi bersamaan di kawah Parangjoho dan Songputri, sesuai kelurusan bidang rekahan, maka fenomena vulkanisme ini dapat digolongkan sebagai erupsi linier. Dari kawah Parangjoho dan Songputri ini terlontar bahan piroklastika yang banyak mengandung pumis, termasuk breksi koignimbrit.



Gambar 12. Model letusan gunung api di kawah Parangjoho dan Songputri, yang termasuk Tipe Katmai (McDonald, 1972). (a). Magma yang terdiferensiasi bertekanan sangat besar naik ke permukaan, tetapi tidak dapat menembus magma yang telah membeku di bawah Gunung Api Wonodadi sehingga mencari bidang lemah/ rekahan di dekatnya. (b). Letusan besar terjadi di kawah Parangjoho dan Songputri, sebagai erupsi linier, melontarkan material yang membentuk breksi koignimbrit dan bahan piroklastika yang banyak mengandung pumis.

KESIMPULAN

Di dalam Formasi Semilir yang tersingkap di tebing Waduk Parangjoho dan Songputri, dan sekitarnya terdapat breksi aneka bahan, yang terdiri atas bahan primer magma (pumis, bom, dan blok gunung api), fragmen batuan tua, dan batuan asing berbentuk sangat menyudut-menyudut tertanam di dalam matriks abu-lapili kaya pumis. Material tersebut diyakini sebagai breksi koignimbrit, yang merupakan bagian ekor atau bahan tertinggal dari suatu aliran piroklastika. Ukuran butir terbesar dan kelimpahannya terdapat di sekitar Waduk Parang-

joho dan Songputri. Data ini menunjukkan bahwa kedua cekungan tersebut merupakan sumber alternatif Formasi Semilir. Letusan gunung api penghasil breksi koignimbrit itu bertipe Katmai. Mengingat sebaran Formasi Semilir sangat luas, maka masih ada sumber erupsi lain yang memerlukan penelitian lebih lanjut.

Ucapan Terima Kasih—Para penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Ir. Wartono Rahardjo yang telah memberikan banyak informasi sewaktu beliau melakukan penyelidikan geologi di daerah Parangjoho dan Songputri dalam rangka pembangunan waduk tersebut pada tahun 1975-1976. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Ir. Setyo Pam-budi M.T., Ketua Jurusan Teknik Geologi, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta, dan Ir. Dwi Indah Purnamawati M.Si., Ketua Jurusan Teknik Geologi, Institut Sains dan Teknologi “AKPRIND”, Yogyakarta, yang telah mengizinkan staf pengajar-nya untuk melakukan penelitian bersama di daerah Pegunungan Selatan.

ACUAN

- Anonim, 1976. Laporan penyelidikan geologi teknik Bukit Kiri rencana waduk serba guna Wonogiri. Bagian Teknik Geologi, FT-UGM, Yogyakarta. 14 h. (tidak terbit).
- Braney, M.J., Kokelaar, P., dan Kokelaar, B.P., 2002. Pyroclastic density currents and sedimentation of ignimbrites. *Geological Society, Memoir*, 27, 156 p.
- Bronto, S., 2006. Fasies gunung api dan aplikasinya. *Jurnal Geologi Indonesia*, 2 (1), h. 59-71.
- Bronto, S., 2008. Fosil gunung api di Pegunungan Selatan Jawa Tengah. *Publikasi khusus Jurnal Geologi dan Sumber Daya Mineral, PSG, hasil Seminar dan Workshop “Potensi Geologi Pegunungan Selatan dalam Pengembangan Wilayah”*. Kerjasama PSG, UGM, UPN “Veteran”, STTNAS dan ISTA, Yogyakarta, 27-29 Nov. 2007, (in press)
- Cas, R.A.F. dan Wright, J.V., 1987. *Volcanic successions: modern and ancient*. Allen and Unwin, London, 528 h.
- Fisher, R.V. dan Schmincke, H.U., 1984. *Pyroclastic Rocks*. Springer-Verlag, Berlin, 472 h.
- 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 h, (tidak terbit).
- Hartono, G., 2007. Studi batuan gunung api pumis: Mengungkap asal mula Bregada gunung api purba di Pegunungan Selatan, Yogyakarta. *Publikasi khusus Jurnal Geologi dan Sumber Daya Mineral, PSG, hasil*

- Seminar dan Workshop “Potensi Geologi Pegunungan Selatan dalam Pengembangan Wilayah”*. Kerjasama PSG, UGM, UPN “Veteran”, STTNAS dan ISTA, Yogyakarta, 27-29 Nov. 2007, (*in press*).
- Kusumadinata, K., 1979. *Data Dasar Gunung Api Indonesia*. Direktorat Vulkanologi, Bandung, 820 h.
- Macdonald, G.A., 1972. *Volcanoes*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 510 h.
- Martodjojo, S. dan Djuhaeni, 1996. *Sandi Stratigrafi Indonesia*. Komisi SSI – IAGI, Jakarta, 25 h.
- Newhall, C.G. dan Self, S., 1982. The Volcanic Explosivity Index (VEI): an estimate of explosive magnitude for historical volcanism. *Journal of Geophysical Research*, 87, h.1231-38.
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi, dan Rosidi, H.M.D., 1977. *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa, skala 1: 100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Simkin, T. dan Fiske, R.S., 1983. *Krakatau 1883: The volcanic eruption and its effects*. Smithsonian Inst. Press., Washington D.C., 464 h.
- Simkin, T. dan Siebert, L., 1994. *Volcanoes of the World, 2nd Ed.* Geoscience Press, Inc. In association with the Smithsonian Institute, Tucson, Arizona, 349 h.
- Sudarno, I., 2007. Evolusi tegasan purba dan genesa sesar di daerah Pegunungan Selatan DIY dan sekitarnya. *Publikasi khusus Jurnal Geologi dan Sumber Daya Mineral, PSG, hasil Seminar dan Workshop “Potensi Geologi Pegunungan Selatan dalam Pengembangan Wilayah”*. Kerjasama PSG, UGM, UPN “Veteran”, STTNAS dan ISTA, Yogyakarta, 27-29 Nov. 2007, (*in press*).
- Surono, Toha, B., dan Sudarno, I. 1992. *Peta Geologi Lembar Surakarta, Jawa, skala 1: 100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Van Bemmelen, R.W., 1949. *The Geology of Indonesia, Vol. IA*. Martinus Nijnhoff, The Hague, 732 h.
- Voight, B., Glicken, H., Janda, R.J., dan Douglass, P.M., 1983. Catastrophic rockslide-avalanche of May 18. Dalam: Lipman, P.W. & Mullineaux, D.R. (Eds.), *The 1980 eruptions of Mount St. Helens*. Washington, U.S. Geological Survey Professional Paper 1250, h. 347-348.
- Walker, G.P.L., 1985. Origin of coarse lithic breccias near ignimbrite source vents. *Journal of Geothermal and Volcanology Research*, 25, h.157-171.
- Williams, H. dan McBirney, A.R., 1979. *Volcanology*. Freeman, Cooper & Co., San Francisco, 398 h.
- Wright, J.V., 1981. The Rio Caliente ignimbrite: analysis of a compound intraplinian ignimbrite from a major Late Quaternary Mexican eruption. *Bulletin of Volcanology*, 44, h.189-212.
- Wright, J.V. dan Walker, G.P.L., 1977. The ignimbrite source problem: significance of a co-ignimbrite lag-fall deposit. *Geology*, 5, h.729-732.