

## Litostratigrafi dan sedimentasi Formasi Kebo dan Formasi Butak di Pegunungan Baturagung, Jawa Tengah Bagian Selatan

SURONO

Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Jl. Diponegoro No. 57, Bandung

### SARI

Lava Bantal Nampurejo, Formasi Kebo dan Formasi Butak, yang merupakan satuan batuan yang didominasi oleh batuan hasil kegiatan gunung api, menyebar barat - timur di lereng utara Pegunungan Baturagung. Lava Bantal Nampurejo merupakan satuan batuan tertua berumur Oligosen Awal yang tertindih secara berturut-turut oleh Formasi Kebo dan Formasi Butak yang berumur Oligosen Akhir – Miosen Awal.

Lava Bantal Nampurejo terdiri atas lava berstruktur bantal dan berkomposisi basal dengan sisipan batupasir hitam. Formasi Kebo merupakan perselingan antara batupasir dan batupasir kerikilan, dengan sisipan batulanau, batulempung, tuf dan serpih; sedangkan Formasi Butak terdiri atas breksi polimik dengan selingan batupasir, batupasir kerikilan, batulempung dan batulanau/serpih.

Ketiga satuan batuan tersebut terendapkan pada suatu cekungan laut dalam – dangkal yang diisi batuan gunung api. Dibandingkan dengan bagian bawah Formasi Kebo, kegiatan gunung api pada saat sedimentasi bagian atas Formasi Kebo dan Formasi Butak jauh lebih aktif.

**Kata kunci:** Lava bantal, Kebo, Butak, gunung api, sedimentasi, Baturagung

### ABSTRACT

*Lithologically, the Nampurejo Pillow Lava, Kebo and Butak Formations, which are dominated by volcanic rocks, spread west - eastly, along the northern foot of the Baturagung Mountains. The Nampurejo Pillow Lava, which has an Early Oligocene age, is overlain by the Late Oligocene - Early Miocene Kebo and Butak Formations successively.*

*The Nampurejo Pillow Lava consists of basaltic pillow-lavas showing pillow structures and they are intercalated by black sandstones. The Kebo Formation comprises alternating sandstone and pebbly sandstone with intercalations of siltstone, claystone, tuff, and shale. On the other hand, the Butak Formation is composed of polymic breccia with intercalations of sandstone, pebbly sandstone, claystone, and siltstone/shale.*

*The three units were deposited in a deep – shallow marine basin, which was filled by volcanic products. Compared to the lower part of the Kebo Formation, volcanic activities during the deposition of the upper part of the Kebo Formation and the Butak Formation were more active.*

**Keywords:** Pillow lava, Kebo, Butak, volcano, deposition, Baturagung

### PENDAHULUAN

Nama *Kebo Beds* dan *Butak Beds* diperkenalkan oleh Bothe (1929) dalam Peta Geologi Perbukitan Jiwo dan Pegunungan Selatan, yang disajikan dalam Kongres Ilmu Pengetahuan Pasifik ke-4 di Bandung. Namun demikian, Bothe (1929) tidak memisahkan kedua satuan (*bed*) ini dalam petanya.

Kemudian, Sumarso dan Ismoyowati (1975) menamai kedua satuan ini sebagai Formasi Kebo-Butak, yang selanjutnya penamaan terakhir ini diikuti oleh Surono dr. (1992) untuk Peta Geologi Lembar Surakarta dan Giritontro skala 1:100.000. Samodra dan Sutisna (1997) juga mengikuti penamaan itu, dalam Peta Geologi Lembar Klaten skala 1:50.000, dengan menambahkan tiga anggota dalam Formasi

Kebo-Butak ini. Dalam perkembangannya, Formasi Kebo-Butak ini menjadi terkenal karena dianggap merupakan awal dari peningkatan kegiatan gunung api di Jawa bagian tengah.

Tulisan ini merupakan salah satu hasil kerja sama Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral dengan Jurusan Teknik Geologi, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" (UPN) dan Jurusan Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada (UGM). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui komposisi litologi dan proses sedimentasi Formasi Kebo dan Formasi Butak secara keseluruhan di lokasi seperti terlihat pada Gambar 1. Pengumpulan data lapangan, terutama pembuatan penampang terukur, dibantu oleh empat mahasiswa: Eko Puswanto (UGM), Dicky Haris Hidayat (UPN), Andar Trianto (UPN), dan Prihantoro Budi Laksono (UPN).



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian.

## TUJUAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan untuk mengetahui secara terperinci susunan batuan dan posisi stratigrafi Formasi Kebo dan Butak dengan tujuan mengetahui proses sedimentasi kedua formasi tersebut. Metode penelitian adalah pemetaan geologi dan pembuatan penampang stratigrafi terukur secara terperinci, pengambilan contoh batuan terpilih di lapangan dan analisis laboratorium. Penampang stratigrafi, yang dibuat berdasarkan hasil pemerian dan pengukuran di lapangan, dibuat untuk mengetahui secara tepat

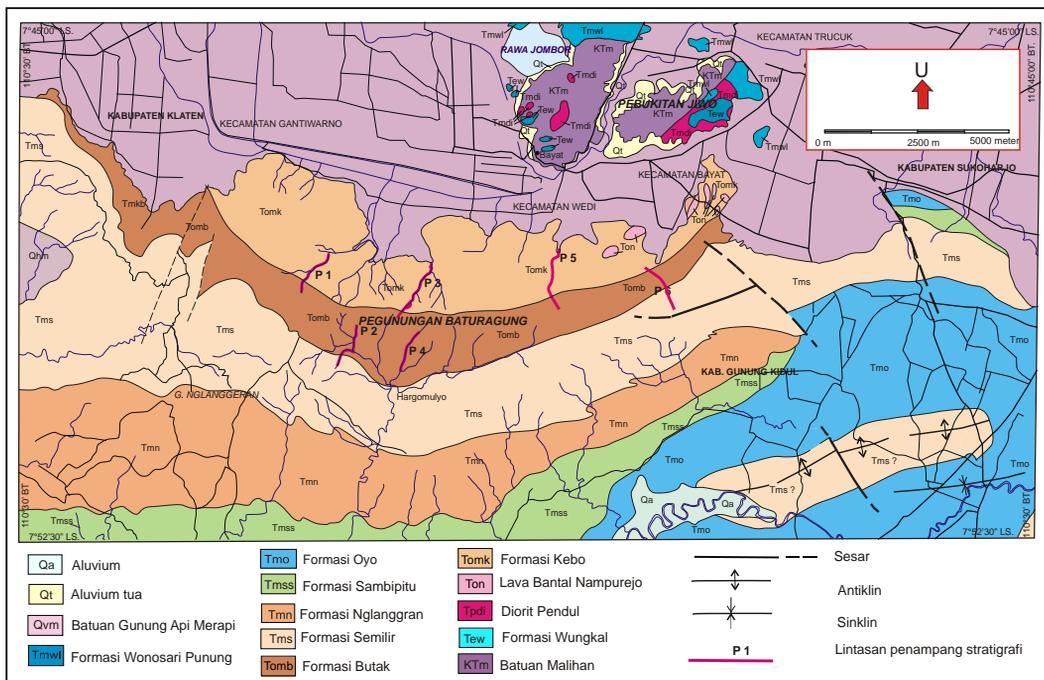
proses sedimentasi selama pengendapan kedua formasi dari waktu ke waktu. Sementara pemetaan geologi terperinci digunakan untuk mengetahui penyebaran keduanya secara lateral.

Kegiatan lapangan yang berupa pemetaan geologi terperinci dan juga pembuatan penampang stratigrafi terukur terperinci dilakukan pada bulan September – November 2005 di Kecamatan Semin, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta, dan dilanjutkan pada April – Juni 2006 di Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah, dan Kecamatan Gedangsari, Kabupaten Gunungkidul (Gambar 1 & 2). Semua analisis laboratorium (petrografi, paleontologi, dan geokimia) dilakukan di Laboratorium Geologi (GeolLabs), Pusat Survei Geologi. Untuk mendukung tulisan ini, sekitar lima puluh lima percontoh batuan telah dianalisis secara petrografis, dan sepuluh di antaranya secara paleontologi.

## Susunan Batuan

Formasi Kebo dan Butak tersebar di bagian lereng utara Pegunungan Baturagung yang cukup curam. Penyebaran formasi ini memanjang barat-timur sepanjang sekitar 20 km dengan lebar (utara-selatan) 0,2 - 5 km (Gambar 2). Satuan ini menyebar mulai dari Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah, ke barat sampai Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Kontak antara Formasi Kebo dengan satuan yang mengalasinya tidak ditemukan di daerah penelitian. Sementara bagian atas Formasi Butak ditindih selaras oleh Formasi Semilir (Sudarno, 1997; lihat Gambar 3).

Bothe (1929) memerinci bagian bawah formasi ini sebagai *Kebo Beds* yang terdiri atas serpih, batupasir, konglomerat halus, dengan sisipan retas-lempeng (*sill*) diabas. *Kebo Beds* mempunyai lokasi tipe di Gunung Kebo. Sementara *Butak Beds*, yang menindih selaras *Kebo Beds*, disusun oleh aglomerat berselingan dengan batupasir dan serpih. Lokasi tipe *Butak Beds* terletak di kaki Gunung Butak. Hanya sayangnya Bothe (1929) tidak memberikan secara pasti lokasi tipe maupun penampang tipe kedua satuan tersebut. Bahkan peta geologi yang dibuatnya-pun tidak memisahkan antara *Kebo Beds* dan *Butak Beds*. Karena



Gambar 2. Peta geologi Pegunungan Baturagung dan Perbukitan Jiwo serta lokasi pengukuran penampang stratigrafi P1 - 6. Untuk kolom stratigrafi lihat Gambar 3.

KUARTER ZAMAN	WAKTU		FORMASI	LITOLOGI	
	KALA	KLAS. HURUF ZAWADI (1964)			
TERESIER	PLIOSEN	N23	F. Kepek	F. Kepek: Persebaran batugamping, napal dan serpih gampingan	
		N22			
		Th			
		N18			
		N17			
	MIOSEN	Tengah	N16	F. Wonosari	F. Wonosari: Batugamping, napal, batupasir tufan, dan batulanau.
			N15		
			Ti3		
			N14		
	AWAL	Awal	N13	F. Oyo	F. Oyo: Batugamping tufan, tufa, dan napal tufan.
			N11		
			Ti1-Te5		
			N10		
			N9		
OLIGOSEN	Awal-Akhir	N8	F. Semilir	F. Semilir: Breksi batupang, tuf lapili, tuf, pasir tufan, dan serpih.	
		Te4			
		N5			
		N4			
EODSEN	Tengah	N3-P22	F. Kebo	Formasi Butak: Breksi polimik diselingi batupasir, batupasir kerikilan, batulempung dan batulanau. Formasi Kebo: Persebaran batupasir, batupasir kerikilan, bersisipan batulanau, batulempung, tuf dan serpih.	
		N2=N21			
		N2=P21			
		P17			
		Tb			
		P16			
KAPUR-PALEOSEN AWAL?	Tengah	P15	F. Wungkal-gamping	F. Wungkal-gamping: Batugamping Numulit, batupasir, napal pasiran, dan batulempung	
		P14			
		P10			
		P10			
			Batuan Malihan	Batuan Malihan: Sekis, litit, batuan gunung api malih, pualam, sedimen malih dan batusabak.	

Gambar 3. Stratigrafi Pegunungan Baturagung dan Perbukitan Jiwo (dimodifikasi dari Sudarno, 1997).

itu, beberapa penulis setelahnya (di antaranya Surono dr., 1992; Samodra dan Sutisna, 1997; dan Smyth, 2005) tetap menyatukan kedua satuan ini menjadi Formasi Kebo-Butak.

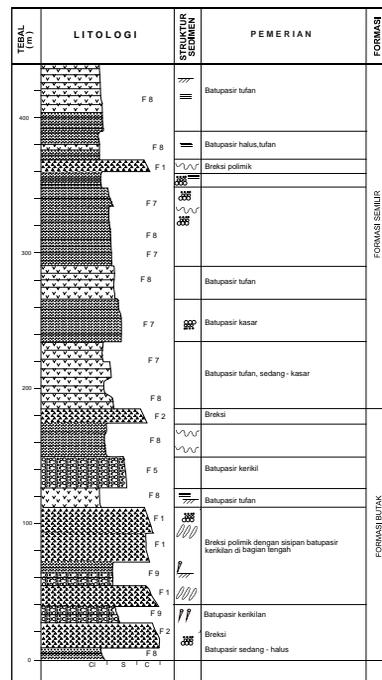
Samodra dan Sutisna (1997), selain Formasi Kebo - Butak sendiri yang tak terpisahkan, mengusulkan tiga anggota: Anggota Mangli, Anggota Nampurejo, dan Anggota Belang. Anggota Mangli terdiri atas perulangan batupasir, batulanau, batupasir kerikilan, batulempung, serpih, dan tuf; setempat disisipi aglomerat dan konglomerat. Anggota Nampurejo tersusun oleh lava bantal bersusunan basal. Sementara Anggota Belang disusun oleh perulangan grewak dan batulanau dengan sisipan tuf. Kenyataan di lapangan, pemisahan Formasi Kebo-Butak sendiri dengan Anggota Mangli dan Anggota Belang sulit dilakukan.

Dalam tulisan ini Formasi Kebo-Butak akan dipisahkan menjadi Formasi Kebo yang mewakili bagian bawahnya dan Formasi Butak yang mewakili bagian atasnya. Untuk mengetahui komposisi dan urutan batuan penyusun Formasi Kebo dan Formasi Butak ini secara terperinci,

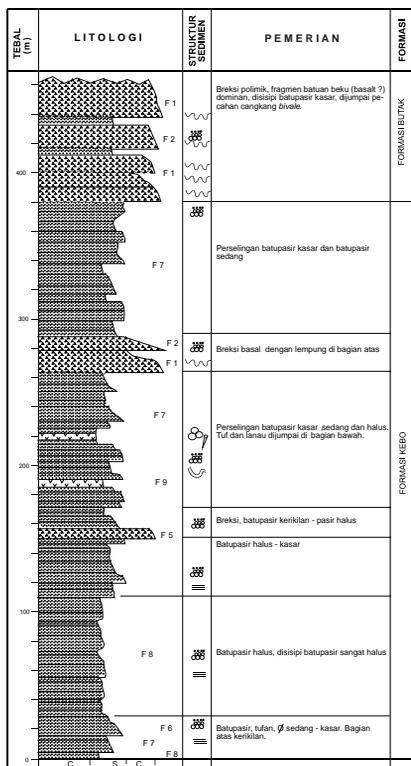
telah dibuat enam penampang stratigrafi yang memotong keduanya:

1. Lintasan P1 di Desa Sampang, Kecamatan Gedangsari, Gunungkidul (Gambar 4).
2. Lintasan P2 di Desa Hargomulyo, Kecamatan Gedangsari, Gunungkidul (Gambar 5).
3. Lintasan P3 di Kali Watugajah, Desa Watugajah, Kecamatan Gedangsari, Gunungkidul (Gambar 6).
4. Lintasan P4 di Kali Hargomulyo, Desa Hargomulyo, Kecamatan Gedangsari, Gunungkidul (Gambar 7).
5. Lintasan P5 di S. Tegalrejo, Desa Cermo, Kecamatan Gedangsari, Gunungkidul dan (Gambar 8).
6. Lintasan P6 di sepanjang jalan Trembono-Gambarsari (Gambar 9).

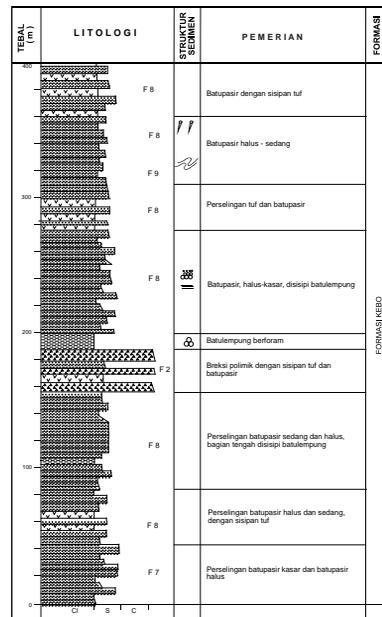
Semua penampang stratigrafi terukur tersebut dapat dilihat pada Gambar 4 – 9, dan hasil korelasi semua penampang tersebut disajikan pada Gambar 10.



Gambar 5. Penampang stratigrafi lintasan P2 di Desa Hargomulyo, Kecamatan Gedangsari. Fn = Fasies endapan turbidit berdasarkan Mutti (1992). Lokasi lihat Gambar 2, keterangan struktur sedimen lihat Gambar 7.



Gambar 4. Penampang stratigrafi lintasan P1 di Desa Sampang, Kecamatan Gedangsari. Fn = Fasies endapan turbidit berdasarkan Mutti (1992). Lokasi lihat Gambar 2, untuk keterangan struktur sedimen lihat Gambar 7.



Gambar 6. Penampang stratigrafi lintasan P3 di Kali Watugajah, Desa Watugajah, Kecamatan Gedangsari. Fn = Fasies endapan turbidit berdasarkan Mutti (1992). Lokasi lihat Gambar 2, untuk keterangan struktur sedimen lihat Gambar 7.



ini disebut Anggota Nampurejo oleh Samodra dan Sutsina (1997) atau belakangan disebut Anggota Santren oleh Smyth (2005). Namun demikian, sebutan "Anggota" kurang tepat pada satuan yang dapat dipetakan dalam skala 1 : 25.000. Lebih baik Anggota Nampurejo diganti dengan Lava Bantal Nampurejo, yang didominasi oleh lava bantal berkomporsi basal. Hasil pemetaan penulis, Lava Bantal Nampurejo ini tersingkap di banyak tempat (Gambar 2), di antaranya sekitar Desa Kalinampu dan Tegalrejo. Struktur lava bantal dapat diamati dengan jelas di Desa Santren, dengan diameter bantal berkisar 10 - 30 cm. Secara setempat, satuan lava bantal ini diselingi oleh tuf halus, yang umumnya berwarna hitam dan bersifat dasitan. Diduga, batupasir hitam ini merupakan suatu hasil letusan gunung api bawah laut (Bronto drr., 2002).

Penampakan petrografi dari tiga contoh Lava Bantal Nampurejo ini menunjukkan hipokristalin, porfiro afanitis dengan kristal sulung didominasi oleh plagioklas (30 - 40%) yang berukuran 0,05 - 1 mm dan berbentuk *euhedral* (Laksono, 2007). Kristal sulung lainnya adalah piroksen (10 - 15%), dan mineral opak (25 - 30%). Struktur aliran tampak jelas pada sayatan tipis tersebut.

### Formasi Kebo

Formasi Kebo merupakan perselingan antara batupasir dan batupasir kerikilan, dengan sisipan batulanau, batulempung, tuf, dan serpih (Gambar 6 & 8). Sebagian dari batupasir dan batulempung bersifat gampingan dan setempat ditemukan konglomerat dan breksi aneka bahan (polimik). Bagian tengah formasi ini didominasi oleh batupasir kerikilan (Gambar 8).

Struktur sedimen yang ditemukan dalam Formasi Kebo adalah perlapisan bersusunan normal, perarian sejajar, perarian bergelombang, permukaan erosi, tikas suling dan penendatan (*slump*). Bioturbasi, foraminifera, kepingan koral, dan kepingan arang ditemukan di beberapa tempat.

Hasil petrografi dari sepuluh percontoh batupasir memperlihatkan bahwa pada umumnya batuan ini mempunyai pemilahan yang buruk, kemas terbuka, fragmen berukuran pasir sedang - kasar didominasi oleh plagioklas (10 - 30%), kuarsa (5 - 20%), sanidin (5 - 10%), piroksen (5 - 10%), dan sedikit fragmen batuan (basal, batupasir, dan *vitric tuff*). Sementara fragmen batuan dalam batupasir kerikilan umumnya

terdiri atas batupasir kuarsa, *vitric tuff*, dan sedikit batuan gunung api.

### Formasi Butak

Formasi Butak, yang menindih selaras Formasi Kebo, batuanannya terdiri atas breksi polimik dengan selingan batupasir, batupasir kerikilan, batulempung, dan batulanau/serpih. Breksi polimik mempunyai fragmen yang berukuran kerikil sampai bongkah, berupa andesit, basal, batuan sedimen karbonan, dan kuarsa. Beberapa fragmen telah mengalami alterasi menjadi klorit yang berwarna hijau. Penampakan petrografi batupasir Formasi Butak menunjukkan bahwa fragmennya didominasi oleh material vulkanik (basal, plagioklas, andesit, tuf dan kuarsa, serta sedikit batulempung). Pengamatan mikroskopis menunjukkan batupasir pada umumnya berupa batupasir gunung api, dengan komposisi plagioklas berupa labradorit (15%), kuarsa (13%), mineral opak (25%), basal (20%), andesit (10%), tuf gelas (10%), dan lempung (7%) (Laksono, 2007).

Struktur sedimen yang ditemukan pada formasi ini adalah perlapisan bersusunan normal, permukaan erosi, perarian sejajar, pergentengan (imbrikasi) fragmen, dan *burrow*. Butiran arang banyak ditemukan terutama pada bagian atas formasi ini, sedangkan fosil foraminifera banyak dijumpai pada klastika halus, terutama di bagian atas formasi.

### Umur dan Stratigrafi

Bothe (1929) menduga Formasi Kebo dan Formasi Butak berumur Miosen Awal (?) - Miosen Tengah. Sumarso dan Ismoyowati (1975) menganalisis foraminifera dalam Formasi Kebo dan Butak dan mendapatkan umur N2 - N5 atau Oligosen Akhir - Miosen Awal. Kemudian Rahardjo (2007) mengulangi melakukan analisis foraminifera pada tiga percontoh dari Gunung Pegat, Watugajah dan Pututputri, dan menemukan *Globigerina ciperoensis*, *Catapsydrax dissimilis* dan *Globigerinoides primordius*, yang menunjukkan umur P22 - N4 (Oligosen Akhir - Miosen Awal). Surono drr. (2006) menganalisis kandungan fosil nanno dalam contoh dari Perbukitan Jiwo Timur, yang diduga merupakan bagian Formasi Kebo atau Formasi Butak. Fosil nanno tersebut terdiri atas *Sphenolithus moriformis*, *S. heteromorphus*, *S. conicus*, *S. belemnos*, *Coc-*

*colithus miopelagicus*, *Helicosphaera carteri* dan *H. euphratis*. Himpunan spesies nanno tersebut menunjukkan umur Miosen Awal (NN3).

Penarikan umur mutlak Formasi Kebo telah dilakukan oleh beberapa penulis, di antaranya Soeria-Atmadja dr. (1994), Sutanto dr. (1994), Soesilo (2003), Sutanto (2003), dan Smyth (2005). Dengan metode KAr, Soeria-Atmadja dr. (1994) melakukan penarikan satu contoh retas-lempeng basal di Bayat serta dua contoh retas (*dyke*) dari Parangtritis yang semuanya dalam Formasi Kebo dan Butak. Semua hasil penarikan tersebut di atas tercantum dalam Tabel 1.

Hasil penarikan dalam Tabel 1 menunjukkan bahwa Formasi Kebo dan Formasi Butak umumnya menunjukkan kisaran umur 21,0 – 26,55 juta tahun atau Oligosen Akhir – Miosen Awal. Hal ini sesuai dengan hasil penentuan umur berdasarkan fosil foram (Laksono, 2007; Rahardjo, 2007) dan nanno (Suroño dr., 2006). Sementara umur Lava Bantal Nampurejo, menunjukkan umur 33,15 – 31,29 juta tahun atau Oligosen Awal, jauh lebih tua dari umur kedua formasi. Smyth (2005) melakukan penarikan tuf kristal yang tebalnya hanya 1m menumpang di atas lava bantal ini, dan menghasilkan umur  $24,7 \pm 1,0$  juta tahun atau Oligosen Akhir. Hal ini menunjukkan adanya selang waktu pengendapan yang cukup besar (>7 juta tahun). Kalau semua penarikan ini benar adanya, diduga ada selang pengendapan antara Lava Bantal Nampurejo dan Formasi Kebo di atasnya. Namun demikian, masih diperlukan penelitian lebih terperinci, terutama perubahan dari Lava Bantal Nampurejo ke Formasi Kebo.

Bagian bawah Formasi Kebo tidak tersingkap dengan jelas di Pegunungan Baturagung, sehingga hubungannya dengan satuan yang lebih tua di pegunungan ini tidak diketahui dengan pasti. Pada penambangan diorit di lereng selatan Perbukitan Jiwo Timur, Suroño dr. (2006) menemukan batu-

lanau dengan sisipan tuf yang diduga merupakan bagian Formasi Kebo atau Formasi Butak. Walaupun batulanau ini mempunyai kontak langsung dengan batuan terobosan Diorit Pendul, tetapi tidak dijumpai adanya sisa pembakaran. Dengan demikian, batuan yang diduga merupakan bagian dari Formasi Kebo atau Butak ini tidak diterobos oleh Diorit Pendul atau dengan kata lain pada singkapan tersebut Formasi Kebo mempunyai umur lebih muda dibandingkan Diorit Pendul. Berdasarkan kemiripan komposisi mineral dan geokimia, Bronto dr. (2004) menduga sebagian dari kompleks Diorit Pendul mempunyai hubungan yang erat dengan Lava Bantal Nampurejo. Formasi Kebo diduga menindih tak selaras Formasi Gamping-Wungkal (Suroño dr., 1992; Samodra dan Sutisna, 1997) yang diterobos oleh Diorit Pendul (Suroño dr., 2006).

Bagian atas Formasi Kebo ditindih selaras oleh Formasi Butak, yang didominasi oleh breksi gunung api. Perubahan Formasi Kebo ke Formasi Butak di atasnya adalah gradasi (Gambar 8). Selanjutnya, Formasi Butak ini ditindih selaras oleh Formasi Semilir, yang batuanannya didominasi oleh tuf dan breksi batuapung (Gambar 5 dan 9).

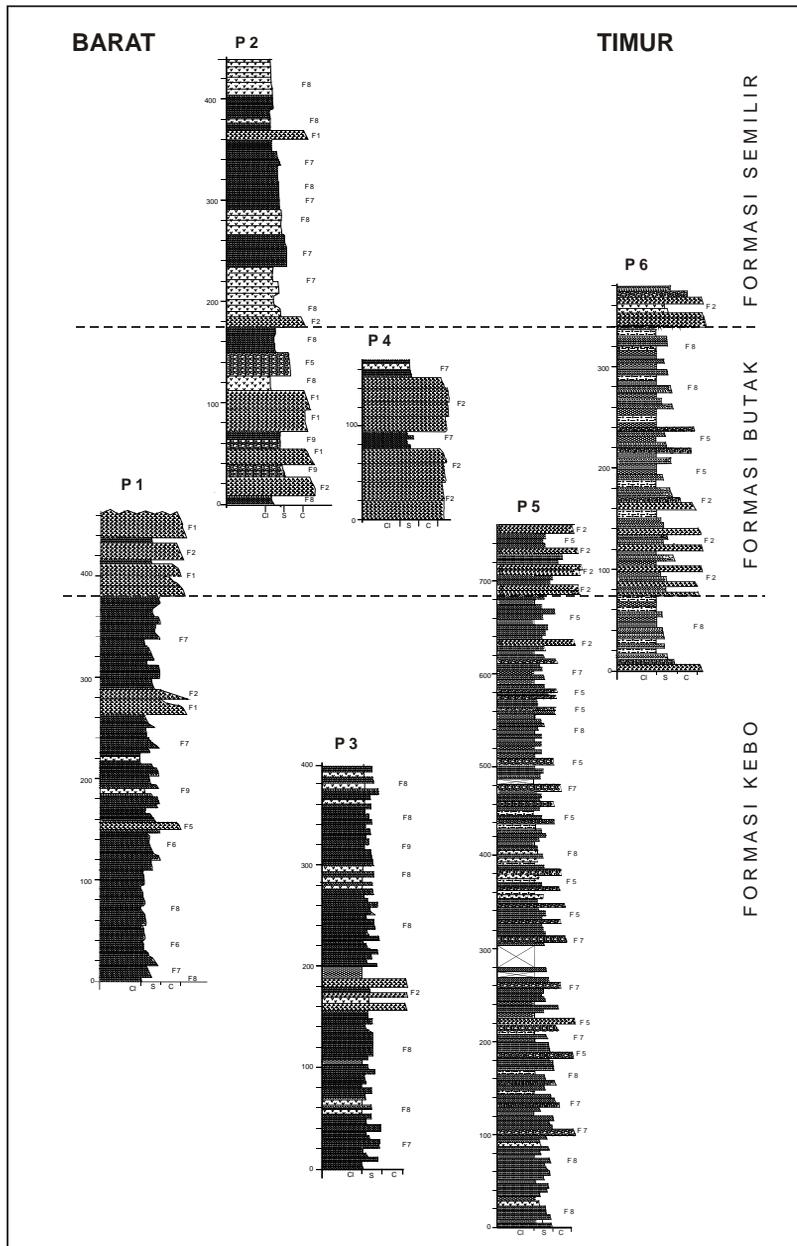
Kontak Formasi Kebo dengan satuan batuan di bawahnya tidak tersingkap di daerah penelitian. Ketebalan Formasi Kebo yang diukur sepanjang Sungai Tegalrejo (Gambar 8) mencapai 550 m, sehingga diduga ketebalan sebenarnya lebih dari angka tersebut. Sementara ketebalan Formasi Butak yang didapatkan dari hasil korelasi penampang (Gambar 10) diduga sekitar 334 m.

### Sedimentasi

Ditemukannya lava bantal, bioturbasi, fosil koral, dan foraminifera di dalam Formasi Kebo dan Butak, menunjukkan bahwa ketiga satuan batuan tersebut diendapkan pada lingkungan laut. Lava bantal umumnya terbentuk pada dasar laut dalam.

Tabel 1. Hasil Penarikan Batuan Formasi Kebo dan Formasi Butak

Daerah	Singkapan	Percontoh/Formasi	Umur (juta tahun)	Penulis
Parangtritis	Retas	PT57B/Fm. Butak	$26,55 \pm 1,07$	Soeria-Atmadja dr. (1994)
Parangtritis	Retas	PT57A/Fm. Butak	$26,40 \pm 0,83$	Soeria-Atmadja dr. (1994)
Tegalrejo	Retas lempeng	BY 52/Fm. Kebo(?)	$24,25 \pm 0,65$	Soeria-Atmadja dr. (1994)
Santren	Kristal tuf	Fm. Butak (?)	$21,0 \pm 3,6$	Smyth (2005)
Santren	Kristal tuf	Fm. Kebo	$24,7 \pm 1,0$	Smyth (2005)
Nampurejo	Lava bantal	Lava Bantal Nampurejo	33,15 - 31,29	Soesilo (2003)



Gambar 10. Korelasi stratigrafi dari P1 - P6 di daerah penelitian.

Ketebalan air laut di atasnya cukup kuat untuk menekan aliran lava panas sehingga membentuk struktur seperti bantal.

Telah diuraikan sebelumnya bahwa Formasi Kebo disusun oleh batuan klastika halus berupa perselingan antara batupasir dan batupasir kerikilan, dengan sisipan batulanau, batulempung, tuf, dan serpih. Struktur sedimen yang ditemukan dalam Formasi Kebo berupa perlapisan bersusunan nor-

mal, perarian sejajar, gerusan (*scour*) dan perarian bergelombang, serta penendatan (*slump*). Sebagian besar struktur sedimen tersebut menunjukkan adanya pengaruh gaya berat dalam transportasi sedimen. Dijumpainya fosil binatang laut, seperti koral dan foraminifera, menunjukkan bahwa transportasi sedimen oleh gaya berat itu terjadi di bawah laut. Berdasarkan klasifikasi Mutti (1992), bagian bawah Formasi Kebo umumnya mempunyai fasies yang di-

kuasai oleh F7 - F8 (Gambar 6 & 8), dan sangat jarang ditemukan F2 dan F5. Keadaan ini berubah secara berangsur ke arah atas; F2 dan F5 lebih mendominasi dan jarang ditemukan F7 dan F8 (Gambar 8).

Sedikit berbeda dengan Formasi Kebo, Formasi Butak umumnya mempunyai fasies yang didominasi oleh F1 - F5 (Gambar 4 - 5, 7 - 9), yang secara litologis lebih dikuasai oleh breksi. Selanjutnya, Formasi Butak di daerah penelitian ditindih oleh Formasi Semilir, yang dibentuk oleh breksi batupung, tuf lapili dan batupasir dengan fasies F2 - F5 (Gambar 9). Di tepi barat laut Waduk Gajahmungkur, Formasi Semilir yang berumur 20 - 16 juta tahun, pada umumnya juga berfasies F2 - F5 (Suroño, 2008).

### Korelasi

Korelasi stratigrafi P1 – P6 dapat dilihat pada Gambar 10. Semua penampang stratigrafi yang dibuat tidak ada yang menunjukkan kontak Formasi Kebo dengan satuan batuan di bawahnya. Penampang P6 secara lengkap menyajikan kontak Formasi Kebo dengan Formasi Butak di atasnya yang selanjutnya ditindih oleh Formasi Semilir. Penampang P1 dan P5 hanya menunjukkan kontak antara Formasi Kebo dan Formasi Butak. Di lain pihak, hanya penampang P2 dan P6 yang menunjukkan kontak antara Formasi Butak dan Formasi Semilir di atasnya.

Gambar 10 menunjukkan bahwa Formasi Kebo didominasi oleh batuan asal gunung api yang umumnya berukuran halus. Hanya bagian timur daerah penelitian (penampang P1 dan P3) menunjukkan adanya breksi pada bagian atas formasi tersebut. Fragmen breksi tersebut didominasi oleh batuan gunung api. Hal ini menunjukkan bahwa pada waktu pengendapan Formasi Kebo bagian timur daerah penelitian boleh jadi lebih dekat dengan sumber erupsi gunung api, sehingga mendapatkan pasokan batuan gunung api lebih banyak.

Formasi Butak digambarkan secara lengkap oleh penampang P6 yang berada di bagian timur daerah penelitian. Penampang tersebut menunjukkan adanya penghalusan butir ke arah atas. Bagian bawah Formasi Butak didominasi oleh breksi vulkanik. Pada penampang P1, P2, P4 dan P5, yang semuanya berada lebih ke bagian barat dari daerah penelitian, breksi vulkanik mempunyai populasi lebih banyak dan lebih tebal. Sekali lagi hal ini menunjukkan bahwa pada waktu sedimentasi Formasi Butak, bagian barat daerah penelitian lebih dekat dengan

sumber erupsi gunung api. Peta geologi daerah penelitian (Gambar 2) menunjukkan bahwa di utara Hargomulyo, tempat penampang P2 dan P4 berada, penyebaran Formasi Butak lebih luas. Sebaliknya ke arah barat dan timur, penyebaran formasi ini tampak menyempit. Ini mungkin disebabkan oleh adanya penebalan Formasi Butak di sekitar daerah (di utara Hargomulyo) itu dan menipis ke barat dan timur. Hal ini boleh jadi karena dekat dengan sumber erupsi gunung api.

### PEMBAHASAN

Telah diuraikan di atas bahwa secara umum Lava Bantal Nampurejo, batuan Formasi Kebo, dan Formasi Butak didominasi oleh batuan yang berasal dari kegiatan gunung api. Pada Lava Bantal Nampurejo, di samping lava bantal juga dijumpai batupasir hitam yang merupakan hasil erupsi gunung api bawah laut. Keluarnya cairan magma dapat melewati celah dan/atau patahan yang memotong kerak atau hasil suatu aliran lava gunung api di bawah laut.

Komposisi batuan pembentuk Formasi Kebo dan Formasi Butak terdiri atas percampuran antara endapan klastika dan vulkanik klastika. Cekungan tempat endapan kedua formasi ini berada di laut dalam sampai dangkal. Hal ini menunjukkan bahwa cekungan tersebut diisi oleh batuan hasil langsung kegiatan gunung api dan juga klastika yang berasal dari darat. Dengan demikian cekungan tersebut merupakan cekungan yang dikelilingi gunung api.

Klasifikasi fasies yang diusulkan oleh Mutti (1992) yang dimulai dari F1 sampai dengan F9, pada dasarnya menggambarkan hasil suatu transportasi gaya berat. Transportasi gaya berat yang semula mengambang di dalam cairan bahan klastika (suspensi) akan bergerak turun dan bercampur dengan larutan di sekitarnya, sehingga pada akhirnya akan menjadi encer yang kemudian bersifat traksi. Endapan suspensi gaya berat yang masih dekat dengan sumbernya (*proximal*) diwakili oleh fasies (F) yang diikuti angka kecil (misalnya F1 dan F2), sedangkan yang lebih jauh (*distal*) ditunjukkan oleh fasies dengan angka lebih besar.

Ke arah atas, fasies pada Formasi Kebo dan Formasi Butak yang umumnya terdiri atas F6 - F8 berubah menjadi F2 - F5 atau CgRf (*conglomerate*

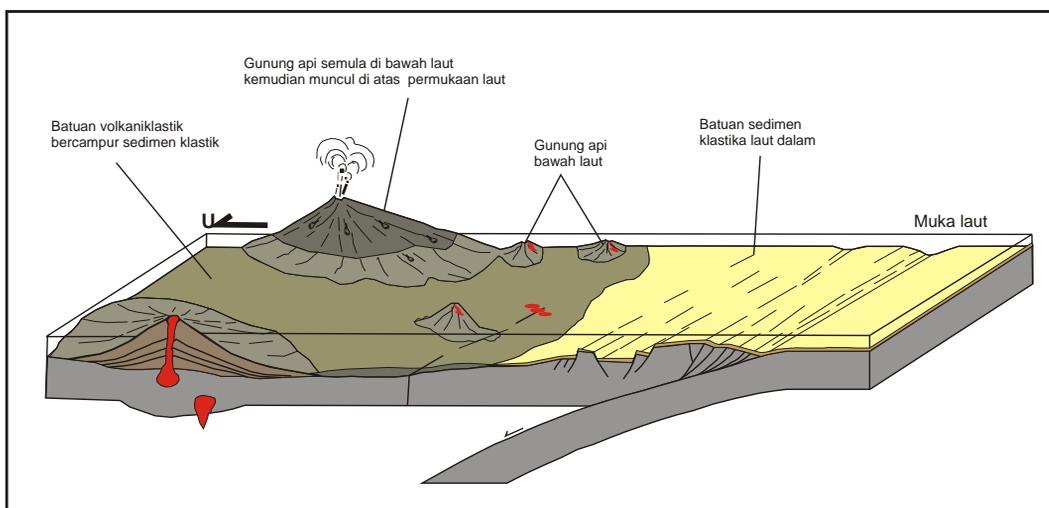
*remnant facies*) dari Mutti (1992). Demikian juga yang ditunjukkan pada peta fasies (Hidayat, 2006; Trianto, 2006), ke arah selatan fasies yang tadinya berupa F6 - F8 di utara berubah menjadi F2 - F5. Ke arah selatan umur batuan juga lebih muda (Gambar 2) dan lebih didominasi oleh batuan asal gunung api. Kedua fakta tersebut membuktikan bahwa pengendapan bagian atas Formasi Kebo dan Formasi Butak merupakan hasil kegiatan gunung api yang sangat intensif. Sumber erupsi gunung api tersebut boleh jadi terjadi di beberapa tempat. Sangat mungkin terletak di utara Hargomulyo, yang ditunjukkan oleh penebalan Formasi Butak. Sebagian besar sumber erupsi gunung api tersebut masih berada di bawah muka laut dan sebagian kecil (mungkin di bagian utara) sudah muncul di atas permukaan laut (Gambar 11). Hal terakhir ini dibuktikan dengan ditemukannya potongan arang pada bagian atas kedua formasi. Potongan arang ini diduga merupakan bagian dari tetumbuhan yang terbakar sewaktu erupsi gunung api di darat dan terbawa oleh aliran gaya berat ke arah laut.

Sekitar 12 km ke arah tenggara dari ujung timur daerah penelitian, Puswanto (2006) menemukan satuan batuan Formasi Kebo-Butak sepanjang Sungai Oyo dan Sungai Gerang (anak Sungai Oyo) di Desa Karangsari, Kecamatan Semin. Sama dengan di daerah penelitian, daerah tersebut ke arah atas menunjukkan bahwa dominasi fragmen batuan gunung api semakin kuat. Hal ini menguatkan pendapat di atas.

## KESIMPULAN

Dari semua uraian di atas kiranya dapat disimpulkan bahwa:

- Lava Bantal Nampurejo merupakan satuan yang mengalasi Formasi Kebo; rumpang pengendapan mungkin terjadi di antara keduanya. Formasi Kebo dapat dipisahkan dari Formasi Butak yang menindih selaras di atasnya secara berangsur (*gradual*).
- Formasi Kebo terdiri atas perselingan antara batupasir dan batupasir kerikilan, dengan sisipan batulanau, batulempung, tuf, dan serpih. Formasi Butak disusun oleh breksi polimik dengan selingan batupasir, batupasir kerikilan, batulempung, dan batulanau/serpih.
- Hasil penarikan menunjukkan bahwa Formasi Kebo dan Formasi Butak umumnya menunjukkan umur Oligosen Akhir – Miosen Awal. Hal ini sesuai dengan hasil penentuan umur berdasarkan fosil foram dan nanno. Sementara Lava Bantal Nampurejo, menunjukkan umur Oligosen Awal, lebih tua dari umur kedua formasi.
- Cekungan tempat ketiga satuan batuan tersebut diendapkan merupakan cekungan lingkungan laut dengan gunung api aktif di sekitarnya. Gunung api aktif ini sebagai pemasok sedimen yang diendapkan ke dalam cekungan tersebut.
- Sedimentasi Formasi Kebo menunjukkan dominasi fasies lebih ke arah *distal* (F7 - F8), yang ke arah penampang atas menjadi lebih *proximal*



Gambar 11. Blok diagram pengendapan Formasi Kebo dan Formasi Butak (tanpa skala).

(F2 - F5) atau transisi. Sementara Formasi Butak, sedimentasinya lebih dikuasai oleh fasies F1 - F5, yaitu *proximal* hingga transisi.

**Ucapan Terima Kasih**—Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Prihantoro Budi Laksono, Dicky Haris Hidayat, dan Andar Trianto (ketiganya alumni UPN “Veteran”) dan Eko Puswanto (alumni UGM) yang telah membantu dalam pengambilan data lapangan. Penghargaan yang tinggi diberikan kepada Prof. Dr. Ir. Bambang Prastistho dan Ir. Siti Umiyatun Ch., M.T. (UPN “Veteran”) dan Ir. Wartono Rahardjo (UGM) yang telah banyak memberikan saran selama di lapangan. Semua gambar dalam naskah ini dikerjakan oleh Sdr. Sudijono, untuk itu penulis sangat berterima kasih.

#### ACUAN

- Bothe, A.Ch.D., 1929. Djiwo Hills and Southern Range. *Fourth Pacific Science Congress Excursion Guide*, 14h.
- Bronto, S., Pambudi, S., dan Hartono, G., 2002. The genesis of volcanic sandstones associated with basaltic pillow lava, Bayat areas: A case study at the Jiwo Hills, Bayat area (Klaten, Central Java). *Jurnal Geologi dan Sumber Daya Mineral*, XII (3), h.2-16.
- Bronto, S., Hartono, G., dan Astuti, B., 2004. Hubungan genesa antara batuan beku intrusi dan ekstrusi di Perbukitan Jiwo, Kecamatan Bayat, Klaten, Jawa Tengah. *Majalah Geologi Indonesia*, 19 (3), h.147-163.
- Hidayat, D.H., 2006. *Geologi dan studi fasies turbidit Formasi Kebo-Butak di Pegunungan Baturagung timur*. Skripsi S1, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”, Yogyakarta, 55h.
- Laksono, P.B., 2007. *Geologi dan petrogenesa batuan vulkanik Formasi Kebo-Butak, daerah Trembono dan sekitarnya, Kecamatan Gedangsari, Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta*. Skripsi S1, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”, Yogyakarta, 80h.
- Mutti, E., 1992. *Turbidite sandstone*. Milan, Agip Special Publication, 275h.
- Puswanto, E., 2006. *Studi stratigrafi dan sedimentasi “Formasi Wungkal-Gamping” daerah Karangari, Kecamatan Semin, Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta*. Skripsi S1, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 166h.
- Rahardjo, W., 2007. *Forminiferal biostratigraphy of Southern Mountains Tertiary rocks, Yogyakarta Special Province*. *Prosiding “Potensi geologi Pegunungan Selatan dalam pengembangan wilayah”*, Yogyakarta 27-29 November 2007.
- Samodra, H. dan Sutisna, K. 1997. *Peta Geologi Lembar Klaten (Bayat)*, Jawa, 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, the University of London, 470h.
- Soeria-Atmadja, R., Maury, R.C., Bellon, H., Pringgopawiro, H., Polve, M., dan Priadi, B., 1994. Tertiary magmatic belts in Java. *Journal of SE Asian Earth Sciences*, 9, h.13-27.
- Soesilo, D., 2003. *Batuan kristalin dalam pandangan Sandi Stratigrafi Indonesia 1996 (Baru): Penerapannya di Bayat & Karangasambung, Jawa Tengah*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 20-21 Oktober 2003.
- 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, 167 h. (tidak diterbitkan).
- Sumarso dan Ismoyowati, T., 1975. A contribution to the stratigraphy of the Jiwo Hills and their southern surroundings. *Proceedings of 4th Annual Convention of Indonesia Petroleum Association*, Jakarta, II, h.19-26.
- Surono, 2008. *Sedimentasi Formasi Semilir di Desa Sendang, Wuryantoro, Wonogiri, Jawa Tengah*. *Jurnal Sumber Daya Geologi*, XVIII (1), h.29-41.
- Surono, Hartono, U., dan Permanadewi, S., 2006. Posisi stratigrafi dan petrogenesis Intrusi Pendul, Perbukitan Jiwo, Bayat, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah. *Jurnal Sumber Daya Geologi*, XVI (5), h.302-311.
- Surono, Toha, B., dan Sudarno, I, 1992. *Peta Geologi Lembar Surakarta-Girintoro, Jawa, Skala 1 : 100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sutanto, 2003. *Himpunan Batuan dan Keanekaragaman Proses pada Busur vulkanik di Lingkungan Busur Kepulauan dan Tepi Benua Aktif*. *Jurnal Ilmu Kebumihan Buletin Teknologi Mineral*, UPN “Veteran” Yogyakarta, h.58-67.
- Sutanto, Soeria Atmadja, R., Maury, R.C., dan Bellon, H., 1994. Geochronology of Tertiary volcanism in Jawa. *Prosiding Geologi dan Geotektonik P. Jawa, sejak Mesozoik – Kuarter*, h.73-76.
- Trianto, A., 2006. *Geologi dan studi fasies turbidit Formasi Kebo-Butak di Pegunungan Baturagung bagian barat*. Skripsi S1, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”, Yogyakarta, 63h.