

Vulkano-Stratigrafi Gunung Ireng, Desa Pengkok, Kecamatan Patuk, Kabupaten Gunungkidul - DIY

Volcanostratigraphic Study Of Gunung Ireng, Pengkok Village, Patuk District, Gunungkidul Regency - DIY

Simon Aristoteles Blessia¹, Sri Mulyaningsih^{2*}, Dina Tania³, Nur Widi Astanto Agus Tri Heriyadi⁴, Suhartono⁵

^{1,2,3,4}Teknik Geologi-FTM IST AKPRIND, Jl. Kalisahak No. 28 Yogyakarta 55222

⁵Teknik Industri-FT-UWMY, KT III/237, Jl. Dalem Mangkubumen, Kadipaten, Kraton, Yogyakarta, 55132

*Email: sri_m@akprind.ac.id

Naskah diterima: 21 Maret 2019, direvisi: 29 Maret 2019, disetujui: 3 April 2019

ABSTRAK

Gunung Ireng di Desa Pengkok, Kecamatan Patuk, Kabupaten Gunungkidul tersusun atas batuan gunung api bagian dari Formasi Nglanggeran. Ciri khusus batuan Formasi Nglanggeran yang tersingkap di daerah penelitian adalah aglomerat yang berkomposisi andesit horenblenda, sama dengan litologi yang menyusun Gunung Nglanggeran (lokasi tipenya). Penelitian ini bertujuan untuk memerikan stratigrafi batuan gunung api Formasi Nglanggeran di Gunung Ireng, sehingga dapat dibuktikan ketepatannya sebagai bagian dari hasil aktivitas gunung api purba Gunung Nglanggeran penghasil Formasi Nglanggeran. Metode penelitian yang digunakan adalah pengukuran dan korelasi data stratigrafi batuan gunung api, dengan menggunakan kesamaan litologi (litostratigrafi) aglomerat. Hasil penelitian menjumpai perbedaan komposisi deskriptif litologi, yaitu dike andesit yang mengintrusi lava andesit, breksi andesit dan ditumpangi oleh *blocky lava* dan aglomerat. Hal itu mengindikasikan bahwa batuan gunung api Gunung Ireng bukan merupakan bagian dari hasil aktivitas erupsi Gunung Nglanggeran, tetapi sebagai sumber gunung api tersendiri. Morfologi rendahan melingkar yang melingkupinya mengindikasikan kemustahilan telah berlangsungnya pengendapan material gunung api yang bersumber dari Gunung Nglanggeran.

Kata kunci: stratigrafi, batuan, gunung api, Formasi Nglanggeran, dan pengendapan

ABSTRACT

Gunung Ireng in Pengkok Village, Patuk District, Gunungkidul Regency is composed of volcanic rocks part of the Nglanggeran Formation. The special feature of the Nglanggeran Formation revealed in the study area is the agglomerates that composed by horenblend andesite, similar to the lithology that composes Mount Nglanggeran (the type location). This study aims to describe the stratigraphy of the Nglanggeran Formation volcanic rock at Gunung Ireng, so that its accuracy can be proved as part of the results of the activity of the ancient volcano of Nglanggeran producing the Nglanggeran Formation. The research method used is the measurement and correlation of volcanic rock stratigraphy data, using the similarities of agglomerate lithology (lithography). The results of the study found differences in the composition of descriptive lithology, namely andesite dike which interferes with andesite lava, andesite breccia and superimposed by blocky lava and agglomerates. This indicates that the Gunung Ireng volcanic rocks were not part of the results of The Nglanggeran paleovolcano eruption activities, but as a source of its own volcano. The circular valeys surrounding it indicates the impossibility of the deposition of volcanic material originating from Nglanggeran Paleo-Volcano.

Keywords: stratigraphy, rocks, volcanoes, Nglanggeran Formation, and deposition.

PENDAHULUAN

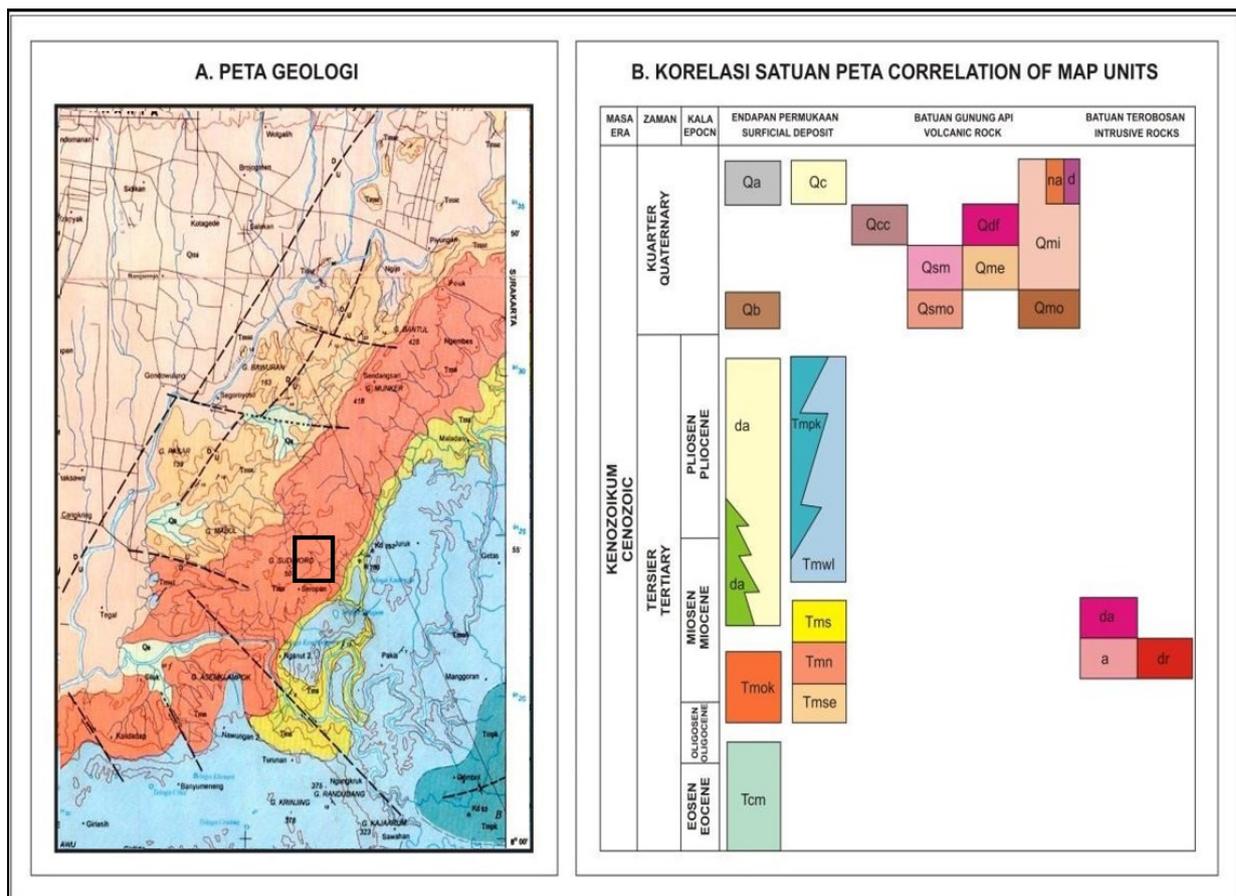
Mengacu pada Surono dkk (1992), sebaran batuan dari Formasi Nglanggeran di Pegunungan Selatan dari barat ke timur

adalah daerah Parangtritis (sebelah selatan Sungai Opak dan Oyo), ke arah timur yaitu Imogiri dan Wonolelo, lalu melompat ke Piyungan dan Nglanggeran (Gambar 1).

Gunung Ireng di Desa Pengkok, Kecamatan Patuk, Kabupaten Gunungkidul diketahui tersusun atas batuan gunung api, yaitu lava, breksi, aglomerat, dan tuf, bagian dari Formasi Nglanggeran. Mengacu pada Mulyaningsih dkk (2009; 2011 dan 2012), sangat tidak mungkin bahwa batuan penyusun Formasi Nglanggeran memiliki satu sumber saja, yaitu dari Gunung Nglanggeran. Hal itu didukung oleh argumentasi Smith et al (2008) yang menyebutkan bahwa proses vulkanisme di Pegunungan Selatan bagian barat sangatlah panjang, dengan berbagai pertumbuhan dan penghancuran tubuh gunung api membentuk perselingan Formasi Semilir dan Nglanggeran. Hal itu dapat diinterpretasi bahwa sepanjang pembentukan Pegunungan Selatan secara silih berganti telah terjadi

aktivitas konstruktif gunung api yang diikuti dengan aktivitas destruktif yang mampu menghancurkan tubuhnya.

Makalah ini membahas stratigrafi batuan gunung api purba Gunung Ireng dengan didasarkan pada hasil pengukuran dan korelasi stratigrafi. Pengukuran data stratigrafi dilakukan pada radius 1 kilometer dari puncak Gunung Ireng ke arah barat, selatan, timur dan utara. Data hasil pengukuran selanjutnya dikorelasikan dengan menggunakan litostratigrafi aglomerat. Dipilihnya aglomerat, karena litologi penyusun utama Formasi Nglanggeran adalah aglomerat, dan litologi ini dihasilkan oleh erupsi tipe Strombolian yang mekanisme pengendapannya secara jatuhnya (balistik).



Gambar 1. Sebagian Peta Geologi Lembar Yogyakarta (A) dan Stratigrafi umum Pegunungan Selatan Yogyakarta (B) (Rahardjo, dkk, 1995). Formasi Nglanggeran ditunjukkan dengan warna coklat kemerahan, sedangkan warna coklat muda (krem) adalah Formasi Semilir yang tersusun atas breksi pumis dan tuf yang dihasilkan oleh erupsi tipe eksplosif yang mampu meruntuhkan sebagian besar tubuhnya.

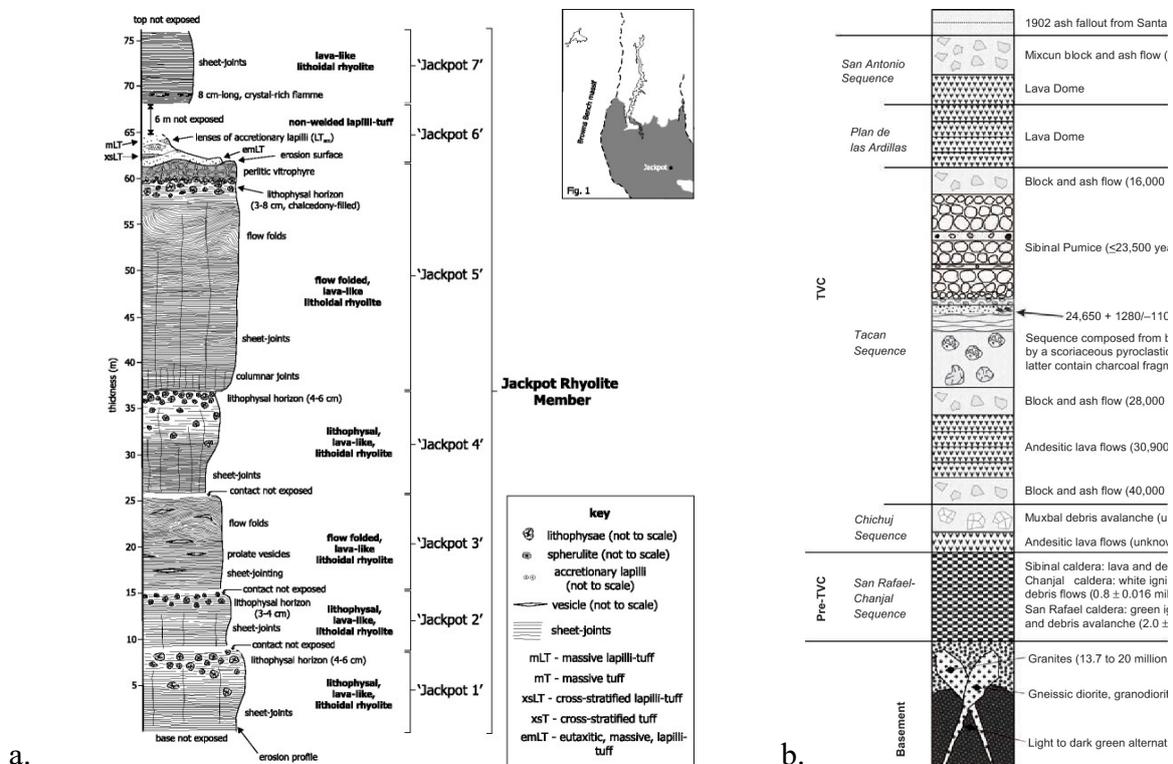
TEORI

Stratigrafi adalah studi mengenai sejarah, komposisi, umur dan distribusi suatu batuan guna merekonstruksi seluruh kejadian dan urutan proses pembentukannya (Mulyaningsih, 2016). Dari hasil korelasi atau kesebandingan antar perlapisan batuan yang berbeda dapat dikembangkan lebih lanjut mengenai litostratigrafi, kandungan fosil (biostratigrafi), dan umur (relatif dan absolut) dengan kronostratigrafi (Anonim, 1961 dalam Hedberg, 1972). Stratigrafi dipelajari untuk mengetahui luas penyebaran lapisan batuan dan hubungan antar masing-masing batuan.

Stratigrafi batuan gunung api (vulkano-stratigrafi) ditujukan untuk menginterpretasi sejarah (urut-urutan) pembentukan batuan gunung api. Menurut Mulyaningsih (2015), pembentukan dan aktivitas gunung api dipengaruhi oleh aktivitas tektonik, apa pun tipe gunung api itu. Karena terbentuk dan dipengaruhi oleh aktivitas tektonik, maka

tubuhnya selalu terdeformasi dengan pola deformasi tertentu (Mulyaningsih, in press).

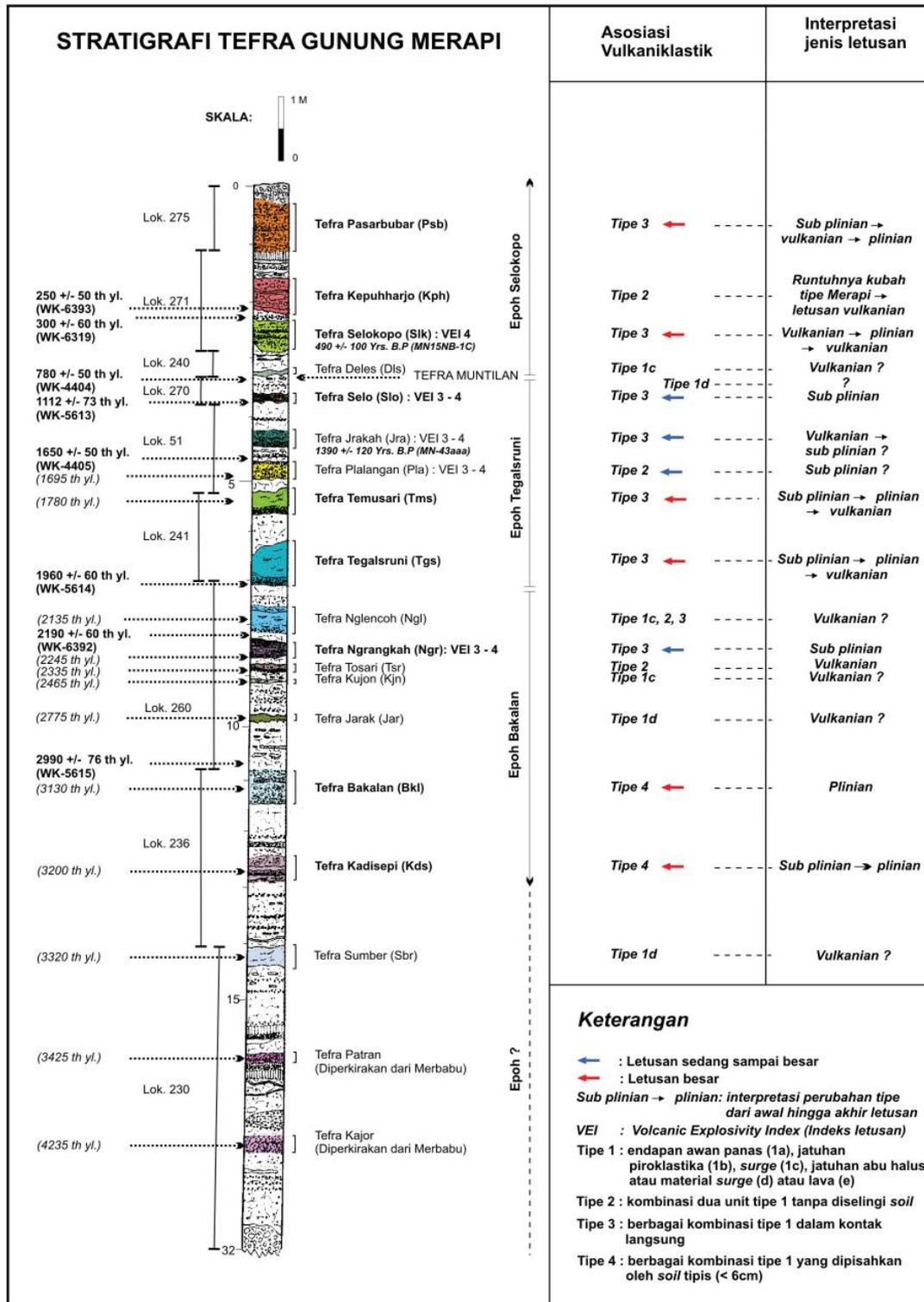
Dalam beberapa kasus, stratigrafi batuan gunung api memiliki variasi litologi, tergantung pada fasiesnya. Penentuan stratigrafi batuan gunung api mengacu pada kondisi nyata saat ini, dengan didasarkan pada vulkano-stratigrafi gunung api yang masih aktif. Sebagai contoh adalah fasies pusat pada gunung api berkomposisi magmatik riolitan di *Rogerson Graben*. Stratigrafi batuan gunung api ini tersusun atas beberapa aliran lava berstruktur meniang dan lapisan tipis tuf-lapilli tak-terelaskan yang berkomposisi riolitan menyisip sebagai batas sekuen (Andrews et al., 2008; Gambar 2.a). Stratigrafi batuan gunung api pada jalur magmatik Amerika Tengah, yang salah satunya berada pada Gunung Api El Chiocon, fasies pusatnya tersusun atas perselingan batuan kubah lava dengan pumis dan endapan piroklastika yang lain yang secara umum berkomposisi andesitan (Arche et al., 2014; Gambar 2.b).



Gambar 2. a. Stratigrafi batuan gunung api pada batuan vulkanik berkomposisi riolitik di Rogerdson (Andrews et.al, 2008), dan b. Stratigrafi batuan gunung api pada Chiapanecan (El Chicon Volcano) dan busur vulkanik Amerika Tengah (Arce et al., 2014).

Susunan stratigrafi batuan gunung api itu juga sama dengan susunan stratigrafi batuan gunung api pada fasies pusat Gunung api Merapi (Andreastuti, 1999). Sementara itu, stratigrafi batuan gunung api yang dijumpai

pada fasies proksimal, dengan contoh kasus Gunung api Merapi, menjumpai perlapisan batuan piroklastika (tefra) dalam berbagai ciri fisik dan ketebalan (Gambar 3).



Gambar 3. Stratigrafi endapan Gunung api Merapi dari sekitar 4235 – 200 tahun yang lalu (Andreastuti, 1999)

METODA PENELITIAN

Vulkano-stratigrafi gunung api purba Gunung Ireng dapat dikatakan sangat spesifik, warnanya yang ireng (hitam) sangat berbeda dibandingkan gunung api-gunung api purba yang lain di sekitarnya. Sebagai contoh adalah Gunung api Nglanggeran, litologinya di permukaan tersusun atas aglomerat dengan warna lapuk abu-abu kecoklatan. Aglomerat Gunung Nglanggeran tersusun atas batuan vulkanik berkomposisi andesitik, sama halnya dengan Gunung Ireng, yang juga tersusun atas batuan vulkanik andesitik. Untuk itulah diperlukan pendekatan masalah yang berbeda antara stratigrafi Gunung Nglanggeran dan Gunung Ireng. Korelasi stratigrafi tidak menggunakan kesamaan litologi aglomerat dan atau tefra yang lain, tetapi dengan menggunakan litologi *blocky* lava. *Blocky* lava adalah lava yang terbentuk oleh proses pembekuan magma ketika masih berada pada

celah *sub-volcano* yang menyentuh massa dingin di atasnya. *Blocky* lava dapat digunakan untuk mengidentifikasi pusat gunung api, karena sering berasosiasi dengan intrusi *sub-volcano* dan breksiasi celah gunung api (*vent*) (Mulyaningsih, 2015).

Penelitian diawali dengan pemetaan geologi detail pada area seluas 1000 x 1000 m² menggunakan pendekatan geologi gunung api purba selama dua minggu. Dalam melakukan pemetaan geologi, di dalamnya dilakukan pembuatan profil singkapan dan pengukuran data stratigrafi yang selanjutnya dilakukan pengolahan sehingga didapatkan data stratigrafi detail Gunung Ireng berskala 1:500. Dari hasil analisis data stratigrafi detail, selanjutnya dilakukan korelasi dan studi kesebandingan dengan data geologi regional. Data stratigrafi regional daerah penelitian mengacu pada Surono dkk. (1992; Tabel 1).

Tabel 1. Kolom stratigrafi Pegunungan Selatan mengacu pada beberapa peneliti sebelumnya

KALA	ZONASI BLOW (1969)	PENELITI			
		BOTHE (1929)	VAN BEMMELEN (1949)	SUMARSO-ISMOYOWATI (1975)	SURONO, dkk. (1992)
HOLOSEN	N.23			Endapan Vulkanik Muda dan Aluvium	
	N.22				
	N.21				
PLIOSEN	N.20				
	N.19				
	N.18				
MIOSEN	N.17				
	N.16				
	N.15	Kepek	Wonosari		Kepek
	N.14				
	N.13				
	N.12		Sambipitu		Wonosari
	N.11	Wonosari	Nglanggran	Wonosari	Oyo
	N.10		Semilir		
	N.9	Oyo	Kebo Butak		Sambipitu
	N.8				
	N.7			Semilir	Nglanggran
	N.6	Sambipitu			Semilir
	N.5	Nglanggran			
	N.4				
	OUGOSEN	N.3 (P.22)	Semilir		Kebo Butak
N.2 (P.21)		Kebo Butak			
N.1 (P.20)					
P.19					
P.18					
EOSEN	P.16			Gamping	
	P.15	Wungkal Gamping			Wungkal Gamping
	P.14				
	P.13			Wungkal	

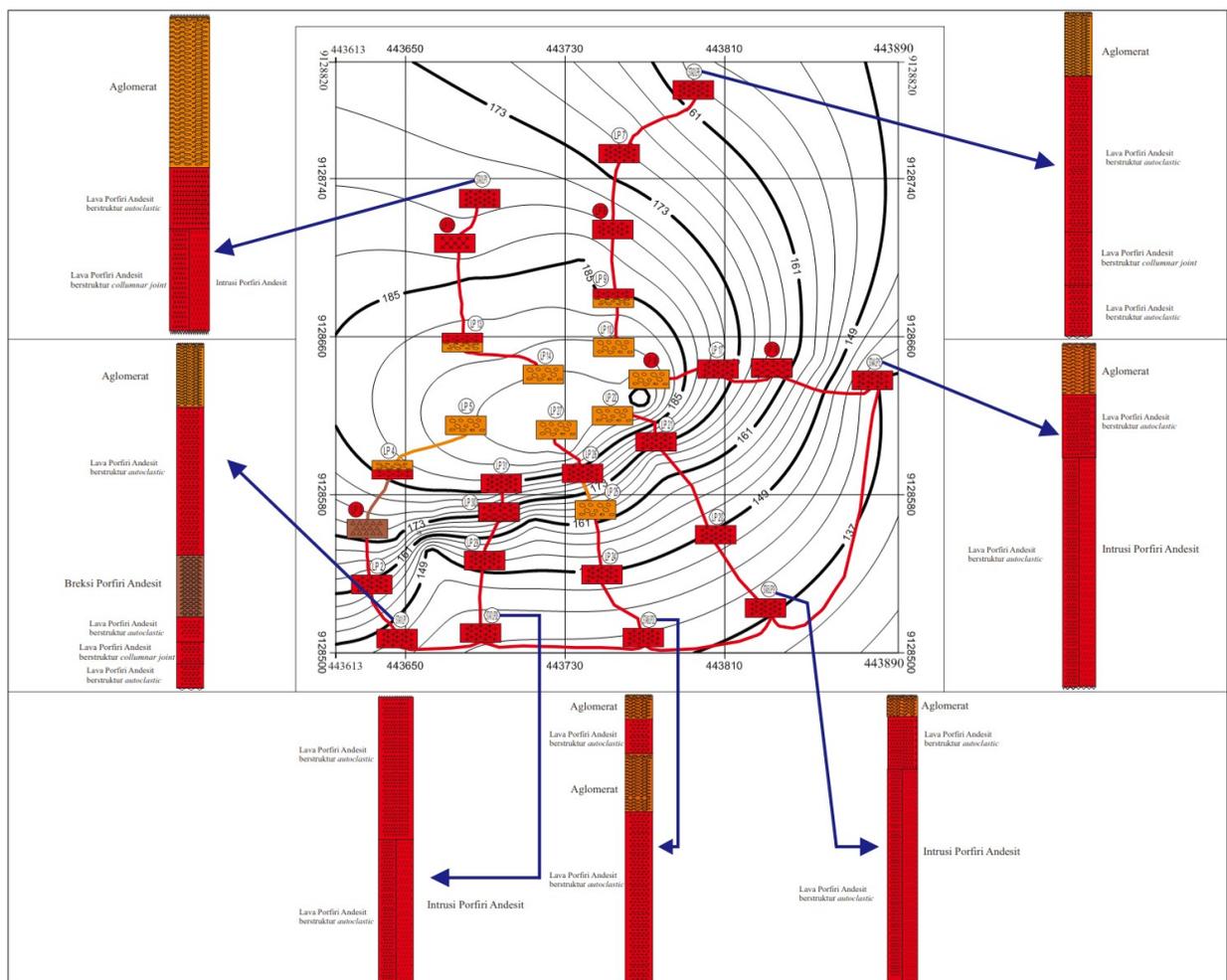
HASIL DAN PEMBAHASAN

Menurut Surono dkk. (1992; Tabel 1) dari tua ke muda, batuan penyusun Pegunungan Selatan tersusun atas Formasi Gamping-Wungkal, Formasi Kebobutak, Formasi Semilir, Formasi Nglanggeran, Formasi Sambipitu, Formasi Oyo dan Formasi Wonosari. Didasarkan pada kesebandingannya dengan stratigrafi Surono dkk (1992) tersebut, litologi penyusun daerah penelitian dimasukkan ke dalam kelompok Formasi Nglanggeran. Secara umum, Formasi Nglanggeran tersusun atas aglomerat, breksi andesit dan lava berkomposisi andesit. Batuan ini memiliki lokasi tipe di Gunung Nglanggeran,

kurang lebih 12 km ke arah timurlaut dari Gunung Ireng.

Dalam lingkup 1x1 km ke arah selatan, barat, utara dan timur, menurut Budayana (2017), litologi yang dapat dijumpai di daerah penelitian adalah breksi andesit Formasi Nglanggeran berumur Miosen Tengah; napal dan batupasir karbonatan Formasi Oyo dan batugamping berlapis Formasi Wonosari (berumur Miosen Tengah-Atas-Pliosen).

Pengukuran stratigrafi telah dilakukan pada tujuh jalur lintasan di daerah penelitian (Gambar 4). Data yang berhasil ditemukan adalah lava andesit berstruktur kekar kolom yang diintrusi oleh dike andesit dan ditumpangi oleh aglomerat dan breksi andesit.



Gambar 4. Peta lokasi dan pengukuran stratigrafi daerah penelitian

Secara detail lava andesit porfiri tersingkap secara luas di berbagai sisi (selatan, barat, utara dan timur. Lava andesit di sisi selatan-barat dicirikan oleh warna abu-abu terang agak kecoklatan-kehitaman, struktur *blocky*, hipokristalin, subhedral-anhedral, porfiritik, inequigranular, tersusun atas plagioklas (andesine) ~30% dan klinopiroksen (aegirin) ~20% yang tertanam dalam masa dasar gelas dan kristal yang tak teridentifikasi, tebal *blocky* lava ~10 m. Di atas *blocky* lava adalah lava andesit dengan struktur meniang, abu-abu terang, ketebalan tidak diketahui dengan pasti namun pastinya lebih dari 10m. Lava ini secara mikroskopis dicirikan oleh struktur vesikuler, porfiritik-poikilitik, inequigranular dengan bentuk kristal dominasi subhedral, tersusun atas mineral plagioklas (andesin) ~35% dan klinopiroksen (aegirin-augit) ~20%, mineral opaque ~5% yang tertanam dalam massa dasar gelas dan kristal tak-teridentifikasi. Beberapa bagian dari lava ini permukaannya juga membentuk *blocky* lava setebal 3-5m hingga selanjutnya secara gradual ditumpangi oleh aglomerat. Ke arah barat, kurang lebih 200 m dari lava dengan struktur meniang, tersingkap lava masif (*structureless*) setebal lebih dari 5m yang di dalamnya banyak dijumpai mineral-mineral sulfida, yaitu pirit. Lava ini dicirikan oleh warna abu-abu gelap hingga kehitaman agak kehijauan, masif, porfiritik, tersusun atas mineral plagioklas (labradorit-andesin) ~40%, klinopiroksen (augit) ~20% dan mineral sulfida berbentuk isometris ~5% dengan diameter hingga 0,2mm (diduga pirit) yang tertanam dalam massa dasar kristal dan gelas. Lava ini ditumpangi oleh breksi andesit abu-abu berfragmen andesit-basaltis, masif, sortasi jelek, kemas terbuka, bentuk butir sangat menyudut, di dalamnya dijumpai banyak mineral sulfida berupa pirit. Tebal breksi minimal 5 m, beberapa bagian menunjukkan warna kemerahan, mengindikasikan pernah berada di bawah airlaut. Breksi dan lava andesit basaltis masif ini juga ditumpangi oleh aglomerat. Sedangkan lava berstruktur meniang yang berada di sebelahnya lebih cenderung

menggerus lava dan breksi andesit basaltis massif. Aglomerat dicirikan oleh warna abu-abu terang ahak kecoklatan-kemerahan-kehitaman. Warna kemerahan agak kehitaman dibentuk oleh proses oksidasi yang berlangsung di bawah permukaan air. Jadi dapat diinterpretasi bahwa, aglomerat ini dulu didapatkan dalam lingkungan laut, itulah sebabnya terdapat bercak-bercak memanjang warna putih sebagai indikasi fluida hidrotermal yang pernah ada sebelumnya. Ciri fisik aglomerat adalah struktur masif, namun secara umum juga dijumpai implikasi fragmen oleh adalah pengaruh air yang membreksiasinya, tersusun atas bom gunung api dengan diameter 10-50 cm, sortasi sedang-baik, kemas tertutup, tebal aglomerat ~15m. Pada sisi selatan singkapan aglomerat di permukaan mengalami deformasi membentuk bidang-bidang striasi sesar dan kekar yang membuka.

Ke arah utara sekitar 200 m dari puncak Gunung Ireng, tersingkap tuf putih Formasi Semilir yang berada di bawah breksi andesit berwarna abu-abu kecoklatan, namun setelah dirunut sekitar 500 m ke utara, di tuf ini menghilang terpotong oleh sesar naik dan litologi langsung berubah menjadi breksi dan aglomerat yang secara deskriptif hampir mirip dengan yang tersingkap di Gunung Ireng, hanya saja warnanya agak kecoklatan. Aglomerat ini juga berasosiasi dengan intrusi andesit piroksen berwarna abu-abu gelap agak kehijauan. Sepertinya breksi dan aglomerat ini secara stratigrafi di bawah tuf putih Formasi Semilir.

Ke arah barat, sekitar 500 m dari puncak Gunung Ireng, tersingkap breksi andesit basaltis berwarna coklat yang berasosiasi dengan lava dan aglomerat yang juga berwarna kemerahan. Breksi andesit basaltis ini ditumpangi oleh breksi pumis abu-abu terang yang semakin ke arah barat breksi pumis semakin tebal hingga di daerah Cinomati, namun ke arah tenggara breksi pumis menghilang, singkapan batuan didominasi oleh aglomerat dan breksi andesit basaltis yang sangat tebal hingga di daerah Mangunan. Batas litologi yang dijumpai

Nglanggeran bawah, sedangkan kelompok batuan vulkanik berkomposisi andesit (dengan mineral hornblenda) adalah bagian dari Formasi Nglanggeran atas. Kedua kelompok batuan tersebut dijumpai di daerah penelitian, tanpa dibatasi oleh breksi pumis dan atau tuf. Sedangkan di lokasi yang lain dapat dijumpai keduanya dengan dibatasi oleh kelompok batuan vulkanik Formasi Semilir tersebut.

Didasarkan pada data stratigrafi tersebut, secara berurutan, dari tua ke muda di daerah Gunung Ireng dan sekitarnya telah berlangsung aktivitas gunung api yang berkomposisi andesit basaltis dengan fasa konstruktif gunung api. Pada periode berikutnya, di sisi lain dari gunung api ini terjadi fasa destruksi gunung api dengan letusan yang bersifat menghancurkan tubuh kerucut gunung api membentuk kelompok batuan Formasi Semilir. Pengendapan batuan vulkanik Formasi Semilir sangat luas, namun ada beberapa lokasi secara lokal tidak berlangsung pengendapan, atau jika berlangsung digerus atau dihancurkan oleh aktivitas gunung api setelahnya yang bersifat membangun menghasilkan Formasi Nglanggeran bagian atas. Daerah-daerah tersebut utamanya berada pada fasies pusat gunung api. Fasa selanjutnya adalah konstruksi gunung api kedua menghasilkan Formasi Nglanggeran bagian atas. Gunung api ini berada di bawah perairan / lakustrin, dengan ditunjukkan oleh warna hitam kemerahan pada batuan gunung api Gunung Ireng, yang terbentuk oleh proses oksidasi bawah air. Di sisi selatan, mungkin bersamaan dengan aktivitas vulkanisme dan atau setelahnya, pada awalnya lingkungan sedimentasinya dipengaruhi aktivitas vulkanisme menghasilkan batuan epiklastika yang diendapkan di lingkungan laut. Makin ke atas, vulkanisme semakin menurun hingga didominasi oleh lingkungan laut, membentuk sedimen karbonatan.

KESIMPULAN

Berdasarkan atas hasil analisis stratigrafi batuan gunung api di daerah Gunung Ireng

dan sekitarnya, diketahui bahwa Gunung Ireng adalah kawah gunung api. Proses vulkanisme yang berlangsung di dalamnya memiliki fase yang sangat panjang, yaitu fase konstruktif, fase destruktif dan fasa konstruktif. Fase konstruktif membentuk Formasi Nglanggeran dan fase destruktif membangun Formasi Semilir. Fasa akhir di daerah ini berupa pengendapan batuan epiklastika yang didalamnya telah terjadi penurunan aktivitas vulkanisme, hingga membentuk batuan karbonatan. Jadi, lingkungan pengendapan / geologi daerah ini adalah perairan, diduga di bawah permukaan laut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada DRPM KEMENRISTEKDIKTI yang telah memberikan pembiayaan selama penelitian berlangsung. Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya juga disampaikan kepada LPPM IST AKPRIND yang telah memberikan kesempatan melakukan penelitian dan dilanjutkan pengabdian kepada masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrews, G.D., Branney, M.J., Bonnicksen, B. and McCurry, M., 2008. Rhyolitic ignimbrites in the Rogerson Graben, southern Snake River Plain volcanic province: volcanic stratigraphy, eruption history and basin evolution. *Bulletin of Volcanology*, 70(3), pp.269-291.
- Arce, J.L., Walker, J. and Keppie, J.D., 2014. Petrology of two contrasting Mexican volcanoes, the Chiapanecan (El Chichón) and Central American (Tacaná) volcanic belts: the result of rift-versus subduction-related volcanism. *International Geology Review*, 56(4), pp.501-524.
- Bogie, I., Mackenzie., KM, 1998, The Application of a Volcanic Facies Model to an Andesitic Stratovolcano Hosted Geothermal, System at Wayang Windu,

- Java, Indonesia. In *Proceeding 20th NZ Geothermal Workshop* (pp. 265-270).
- Budayana, I.G.N.M, 2017, *Geologi dan Identifikasi Fasies Gunung Api Berdasarkan Stratigrafi Batuan di Daerah Mangunan dan Sekitarnya, Kecamatan Dlingo, Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta*, Laporan Sripsi Tipe-1, 2017; tidak dipublikasikan.
- Garcia, M.O., 1978. Criteria for the identification of ancient volcanic arcs. *Earth-Science Reviews*, 14(2), pp.147-165.
- Hedberg, H.D., 1972. Introduction to an international guide to stratigraphic classification, terminology, and usage. *Boreas*, 1(3), pp.199-211.
- Martodjojo, S., dan Djuhaeni, 1996. *Sandi Stratigrafi Indonesia. Indonesian Passage Stratigraphy Commission IAGI, Jakarta 25h*.
- Mulyaningsih, S., 2015. *Vulkanologi. Yogyakarta: Penerbit Ombak*.
- Schieferdecker, A.A.G., 1959. *Geological Nomenclature. Edited by AAG Schieferdecker.[Dutch, French and German with Equivalents of the English Terms.]* J. Noorduyn & Zoon.
- Smith, G.A., 1991. Facies sequences and geometries in continental volcanoclastic sediments.
- Surono, B.T. and Sudirno, I., 1992. *Peta Geologi Lembar Surakarta-Girintontro. Jawa.(1408-3), Skala1, 100*.
- Williams, H. and McBirney, A.R., 1979. *Vulcanology* (No. 551.21 W5).
- Smyth, H.R., Hall, R. and Nichols, G.J., 2008. Cenozoic volcanic arc history of East Java, Indonesia: the stratigraphic record of eruptions on an active continental margin. *Special Papers-Geological Society of America*, 436, p.199.