

ISSN 0216-1061



MAJALAH GEOLOGI INDONESIA

Indonesian Magazine of Geology

Vol. 29, No. 1, April 2014



Penerbit/Publisher:
IKATAN AHLI GEOLOGI INDONESIA
Indonesian Association of Geologists

M. Geol. Indo.	Vol. 29	No. 1	Hal. 1 - 61	Bandung April 2014	ISSN 0216-1061
-------------------	---------	-------	-------------	-----------------------	----------------

Terakreditasi LIPI No. 539/Akred/P2MI-LIPI/06/2013, berlaku 21 Juni 2013 - 21 Juni 2016

Diterbitkan berkala tiga kali setahun, April, Agustus, dan Desember, oleh/
Published periodically three times annually, April, August, and December, by:
Ikatan Ahli Geologi Indonesia/Indonesian Association of Geologists

Penanggung Jawab/Insured Editor: Ketua Umum IAGI

Wakil Penanggung Jawab/Vice Insured Editor: Sekretaris Jenderal IAGI

Ketua Dewan Redaksi/Chief of Editorial Board:

Dr. Nana Suwarna (Energi Fosil Nonkonvensional - Ikatan Ahli Geologi Indonesia)

Wakil Ketua Dewan Redaksi/Vice Chief of Editorial Board:

Dr. Hermes Panggabean (Energi Fosil Konvensional dan Sedimentologi - PSG, Badan Geologi)

Anggota Dewan Redaksi/Editorial Board:

Prof. Dr. Robert M. Delinom (Hidrogeologi - Puslit Geotek LIPI)

Prof. Dr. Sapri Hadiwisastra (Stratigrafi dan Sedimentologi - Ikatan Ahli Geologi Indonesia)

Dr. Binarko Santoso (Geologi Batubara dan Lingkungan Tambang - Puslitbang TEKMIIRA, Balitbang ESDM)

Dr. Ildrem Syafri, DEA. (Mineral dan Batuan Metamorf - Fakultas Teknik Geologi UNPAD)

Ir. Dida Kusnida, M.Sc. (Geologi Kelautan - PPPGL, Balitbang ESDM)

Dr. Bambang Priadi (Geokimia Batuan Beku - Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, ITB)

Dr. Imam A. Sadisun (Geologi Teknik dan Kebencanaan - Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, ITB)

Prof. Dra. Mimin Karmini (Mikropaleontologi - Ikatan Ahli Geologi Indonesia)

Ir. Igan S. Sutawidjaja, M.Sc. (Vulkanologi - PVMBG, Badan Geologi)

Editor Bahasa/Language Editor:

Dra. Nenen Adriyani, M.A. (Bahasa Inggris - PSG, Badan Geologi)

Ketua Dewan Penerbit/Chief of Publisher Board: Dr. Ir. Yunus Kusumahbrata, M.Sc.

Wakil Ketua Dewan Penerbit/Vice Chief of Publisher Board: Ir. Priatna

Anggota Dewan Penerbit/Publisher Board:

Ir. Oman Abdurahman, M.T.,

R. Isnu Hajar Sulistiawan, S.T., M.T.

Sofyan Suwardi (Ivan), S.T., M.T.

Penata letak/Lay-outer:

Rian Koswara, S.Kom., Nukyferi, S.E., Moh. Iqbal, S.Pd.

Sekretariat/Sekretariat:

Rian Koswara, S.Kom., Nukyferi, S.E., Moh. Iqbal, S.Pd., Nia Kurnia

Alamat Sekretariat dan Pengiriman Naskah/Address of Secretariat and Paper Submitting:

Sekretariat IAGI Pengda Jabar - Banten,

Gedung Labtek IV, Lantai 3 Teknik Geologi ITB, Jln. Ganesha No.10 Bandung - 40132

Telepon: 022 - 2514990, Faksimili 022 - 2514990, E-mail mgi.sekr@yahoo.com

MAJALAH GEOLOGI INDONESIA
INDONESIAN MAGAZINE OF GEOLOGY

Volume 29 Nomor 1, April 2014

Penyunting Ilmiah Edisi ini/Scientific Editors:

- Dr. Nana Suwarna (Energi Fosil Nonkonvensional - Ikatan Ahli Geologi Indonesia)
Dr. Hermes Panggabean (Energi Fosil Konvensional dan Sedimentologi - PSG, Badan Geologi)
Prof. Dr. Robert M. Delinom (Hidrogeologi - Puslit Geotek LIPI)
Prof. Dr. Sapri Hadiwisastra (Stratigrafi dan Sedimentologi - Ikatan Ahli Geologi Indonesia)

Mitra Bestari Edisi ini/Peer Reviewers:

- Prof. Dr. Adjat Sudradjat, M.Sc. (Vulkanologi dan Tektonik - Fakultas Teknik Geologi UNPAD)
Prof. Dr. Lambok M. Hutasoit (Hidrogeologi - Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, ITB)
Prof. Dr. Rachmat Heryanto (Stratigrafi dan Sedimentologi - PSG, Badan Geologi)
Dr. Hill. Gendoet Hartono (Petrologi Batuan Beku dan Vulkanologi - Teknik Geologi STTNAS)
Dr. Budi Muljana (Stratigrafi dan Sedimentologi - Fakultas Teknik Geologi UNPAD)
Dr. Sri Mulyaningsih (Vulkanologi - Teknik Geologi IST AKPRIND)

Setiap makalah dalam Majalah Geologi Indonesia telah ditelaah dan disunting oleh minimum dua editor teknis, editor bahasa, dan satu editor ahli/*Each manuscript in this Indonesian Magazine of Geology has been reviewed and edited by a minimum of two editors in related discipline and language, and one expert editor.*

DAFTAR ISI / TABLE OF CONTENTS

- Geologi Gunung Api Purba Busur Pemekaran: Studi Kasus di Daerah Morowali, Sulawesi Tengah/*Geology of Spreading Arc Paleovolcano: Case Study in Morowali, Central Sulawesi* 1-15
Sri Mulyaningsih
- Biogenic Gas Exploration in Karangringin Area, South Sumatra Basin, Indonesia/*Eksplorasi Gas Biogenik di Daerah Karangringin, Cekungan Sumatra Selatan, Indonesia* 17-25
Sugiri Umar Khiram, Alexis Badai Samudra, Agung Budianto
- Pengaruh Air Tanah pada Penentuan Debit Andalan Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Kecil: Studi Kasus DAS Makariki/*Groundwater Influence on Estimation of Reliable Water Flow in Microhydropower Plant: Case Study in Makariki Catchment Area* 27-36
Verina J. Wargadalam
- Vulkanisme dan Sebaran Sumber Daya Non Hayati di Pegunungan Selatan Yogyakarta dan Wonogiri, Jawa Tengah/*Volcanism and Distribution of Non-biologic Resources in Southern Mountains of Yogyakarta and Wonogiri, Central Java* 37-47
Hill. Gendoet Hartono, Setyo Pambudi, Muh. Arifai, Ari Yusliandi T., dan Sigit Agung P.
- Distribusi Sedimen Permukaan Dasar Laut dan Jenis Mineral Lempung di Cekungan Spermonde, Sulawesi Selatan /*Seafloor Surficial Sediment Distribution and Types of Clay Minerals in Spermonde Basin, South Sulawesi* 49-61
Dida Kusnida, Reza Rahadiawan, dan Lukman Arifin

Vulkanisme dan Sebaran Sumber Daya Non Hayati di Pegunungan Selatan Yogyakarta dan Wonogiri, Jawa Tengah

Volcanism and Distribution of Non-biologic Resources in Southern Mountains of Yogyakarta and Wonogiri, Central Java

Hill. Gendoet Hartono¹, Setyo Pambudi¹, Muh. Arifai², Ari Yusliandi T.², dan Sigit Agung P.²

¹Staf Dosen Teknik Geologi STTNAS, Jln. Babarsari No. 1 Caturtunggal Sleman DIY

²Mahasiswa Teknik Geologi STTNAS, Jln. Babarsari No. 1 Caturtunggal Sleman DIY

Corresponding Author: hilghartono@sttnas.ac.id dan hilghartono@yahoo.co.id

Diterima: 18 Februari 2014; revisi: 18 Maret 2014; disetujui: 11 April 2014

ABSTRAK

Pegunungan Selatan Yogyakarta dan Wonogiri, Jawa Tengah, terletak memanjang berarah barat - timur, di bagian selatan Pulau Jawa bagian tengah. Pegunungan Selatan, selain disusun oleh batuan sedimen karbonat dan silisiklastika, juga disusun melimpah oleh lava koheren dan piroklastika. Kelimpahan batuan gunung api ini mendukung keterdapatannya sumber daya non hayati berupa logam dan nonlogam. Tujuan makalah ini adalah untuk mengetahui peran vulkanisme terhadap lokasi/ sebaran sumber daya nonhayati di Pegunungan Selatan Yogyakarta dan Wonogiri, Jawa Tengah. Metode pendekatan yang dilakukan adalah melakukan pemetaan geologi permukaan dan analisis laboratorium batuan. Bentang alam Pegunungan Selatan yang disusun oleh batuan gunung api umumnya berrelief kasar bergelombang dengan ketinggian antara + 100 m dpl. hingga mencapai di atas + 600 m dpl. diwakili oleh tinggian Gunung Baturagung (+ 686 m dpl.) di bagian barat dan Gunung Gajahmungkur (+ 665 m dpl.) di bagian timur. Litologi asal gunung api yang menyusun Pegunungan Selatan Yogyakarta berkomposisi basal - riolit menunjuk pada keberadaan pusat erupsi gunung api purba Parangtritis, Imogiri, Pilang, Karangdowo, Patuk, Bayat, Tenong, Panggung, dan Wediombo. Formasi batuan yang terkait dengan alterasi - mineralisasi adalah Formasi Mandalika, dan Formasi Wuni. Lokasi terjadinya pengayaan sumber daya non hayati yang sementara dapat dikaji meliputi daerah Wonogiri dan Wediombo. Hasil analisis laboratorium di dua lokasi tersebut menunjukkan kandungan logam dan non logam bernilai ekonomi. Keberadaan mineral vulkanigenik ini menunjukkan adanya peran vulkanisme terhadap sebaran pengayaannya.

Kata kunci: Pegunungan Selatan, nonhayati, vulkanigenik, gunung api

ABSTRACT

The Southern Mountain of Yogyakarta and Wonogiri, Central Java, lies along the west to east direction of the southern part of the Java Island. The Southern Mountain, besides carbonate sedimentary and silisiclastic rocks, also consists of abundant coherent lava and pyroclastics. This abundant volcanic rocks support the occurrence of non-biologic resources as metal and nonmetal. This paper aims at finding out the role of volcanism towards the location/spread of non-biologic resources in the Southern Mountains of Yogyakarta and Wonogiri, Central Java. The method implemented is surface geological mapping and rock laboratory analysis. The landform of the Southern Mountain consists of volcanic rocks that generally have undulating coarse reliefs lying on +100 m asl. up till 600 m asl. represented by the Baturagung Volcano High (+686 m asl.) in the western part and Gajahmungkur Volcano (+665 m asl.) in the eastern part. Lithology of the volcanic origin composing the Yogyakarta Southern Mountain consists of basalt-rhyolite pointing at the occurrence of the paleovolcanic eruption centre of Parangtritis, Imogiri, Pilang, Karangdowo, Patuk, Bayat, Tenong, Panggung, and Wediombo. Rock formations related to alteration-mineralization are Mandalika and Wuri Formations. The location

of non-biologic resource enrichment which can for the time being be studied includes Wonogiri and Wediombo areas. The result of laboratory analysis in two locations shows that the metal and nonmetal contents are economical. The occurrences of these volcanogenic minerals show the role of volcanism towards its enrichment spread.

Keywords: Southern Mountain, Yogyakarta, Wonogiri, non-biologic, volcanogenic, volcano

PENDAHULUAN

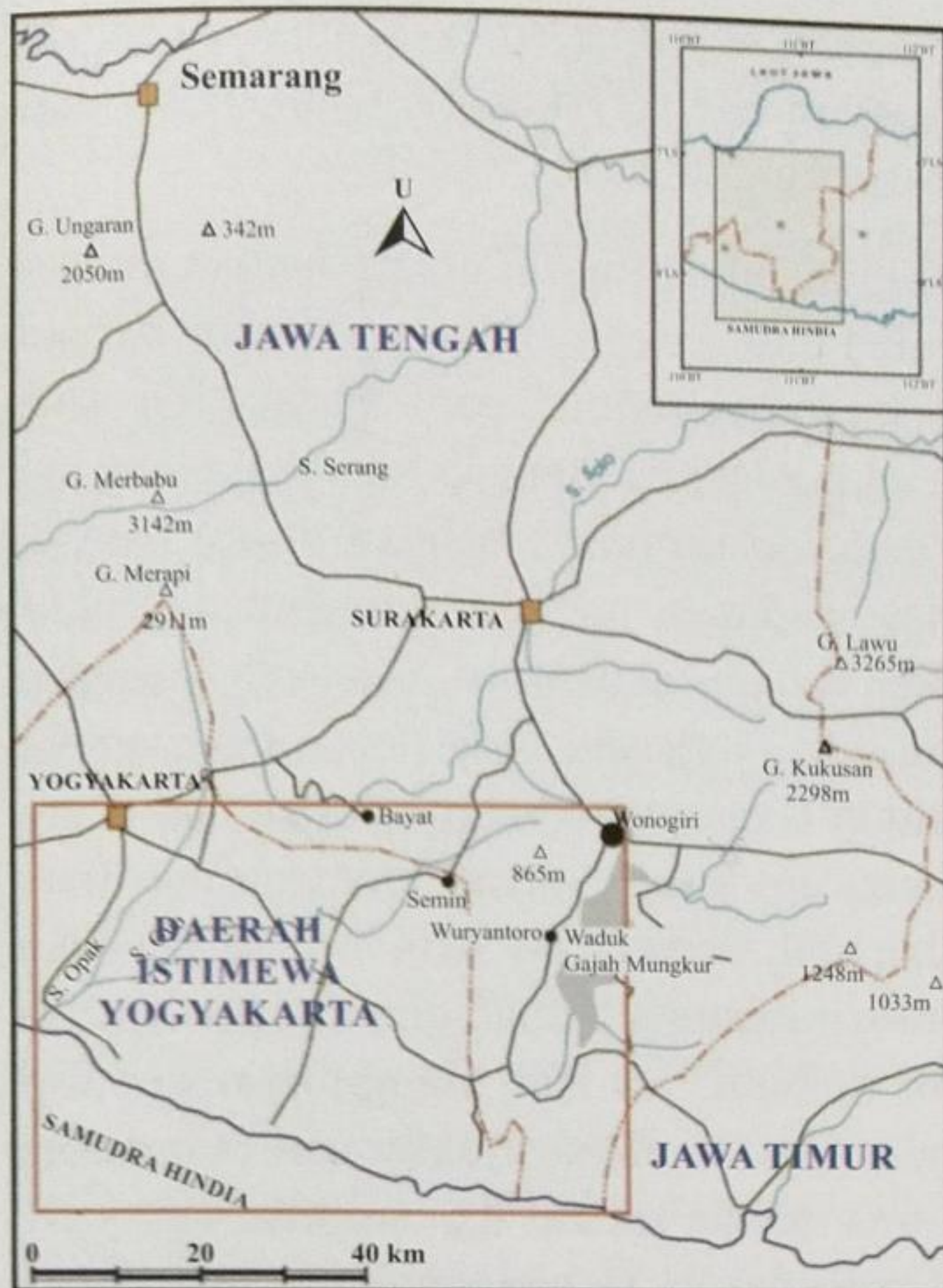
Wilayah Pegunungan Selatan Yogyakarta dan Wonogiri, Jawa Tengah, disusun khususnya oleh batuan gunung api yang berumur Tersier. Batuan gunung api berumur Tersier tersebut tersebar di bagian barat hingga bagian timur yang dikelompokkan ke dalam Formasi Kebo Butak, Formasi Semilir, Formasi Nglanggran, Formasi Mandalika, dan Formasi Wuni (Rahardjo dr., 1977; Surono dr., 1992; Samodra dan Sutisna, 1992).

Di pihak lain, Bronto dr., (1994), Hartono (2000) dan Hartono dr., (2007) menyatakan bahwa Pegunungan Selatan dibangun oleh gunung api bawah laut dan di daratan. Berdasarkan kriteria bentang alamnya, teridentifikasi beberapa pusat sumber erupsi gunung api purba dan di antaranya menunjukkan ciri-ciri terdapatnya sumber daya nonhayati. Ciri-ciri tersebut umumnya dijumpai di daerah fasies pusat gunung api, yaitu berupa batuan teralterasi hingga termineralisasi. Sementara itu, penambangan mineral bernilai ekonomi banyak dilakukan di daerah yang dibangun oleh batuan gunung api (misal: di Gunung Gajahmungkur, Wonogiri; dan Wediombo, Yogyakarta) yang didominasi oleh batuan lava maupun batuan intrusi dangkal. Hal inilah yang menjadikan pertanyaan mendasar bahwa pola distribusi keberadaan sumber daya nonhayati yang bernilai ekonomi tersebut berhubungan dengan vulkanisme yang terjadi pada masa lampau. Menurut Hartono (2000), daerah - daerah yang didominasi oleh batuan gunung api tersebut diperkirakan sebagai bekas gunung api purba.

Sumber daya mineral nonhayati dapat berupa mineral logam, seperti emas, perak, bijih besi, nikel, kobalt, krom, dan tembaga, atau mineral nonlogam, contohnya kaolin, felspar, zeolit, dan fosfat. Selain itu, akibat proses alterasi, di daerah gunung api purba dapat terbentuk berbagai jenis batu mulia yang dimanfaatkan untuk perhiasan dan cinderamata. Namun demikian, penelitian tentang kegiatan gunung api masa lalu dan pembentukan mineral vulkanogenik tersebut belum dilakukan secara terperinci.

Daerah penelitian yang menjadi pokok pembahasan terletak di sebelah selatan Kota Yogyakarta hingga ke timur di sebelah selatan Kota Surakarta (Gambar 1). Daerah tersebut meliputi tinggian-tinggian Imogiri, Baturagung, Gajahmungkur, dan Wediombo yang secara geologis diperkirakan sebagai bangunan sisa tubuh gunung api purba. Berdasarkan hasil penelitian geologi gunung api selama ini, kajian umur batuan gunung api yang telah dilakukan para peneliti terdahulu (misal: Soeria-Atmadja dr., 1994) diketahui bahwa batuan hasil kegiatan gunung api yang membangun Pegunungan Selatan berumur Tersier (2 - 60 juta tahun).

Beberapa peneliti (misalnya: Suprpto, 1998; Isnawan, 2001; Prihatmoko dr., 2005; Widagdo, 2006; Herman, 2006, Imai dr., 2007) juga mengaitkan kegiatan gunung api purba di daerah Wonogiri dengan alterasi dan mineralisasi atau Fasies Pusat gunung api yang merupakan daerah yang berperan penting dalam pembentukan mineral bernilai ekonomi, selain proses tektonik yang memfasilitasi ruang untuk terjadinya vulkanisme. Di sisi lain, dalam melakukan pe-



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian di Pegunungan Selatan, Yogyakarta - Jawa Tengah.

kerjaan awal suatu eksplorasi sumber daya alam mineral perlu dipahami terlebih dulu vulkanisme setempat.

Makalah ini bertujuan untuk menjelaskan asal usul keberadaan gunung api purba di Pegunungan Selatan Yogyakarta dan Jawa Tengah yang terkait dengan penyebaran sumber daya nonhayati. Metode pendekatan yang dilakukan adalah melakukan pemetaan geologi permukaan dan analisis laboratorium batuan. Pemetaan geologi permukaan terkait dengan keberadaan pusat-pusat erupsi gunung api purba dipandu oleh citra SRTM, peta topografi (RBI), dan peta geologi lembar Surakarta-Giritontro (Surono drr., 1992) dan lembar Yogyakarta (Rahardjo drr., 1977). Untuk melokalisasi atau mengidentifikasi gunung api beserta sebaran tubuhnya diperlukan penelitian geologi terpadu, yaitu meliputi bentang alam (mengacu gunung api moderen), stratigrafi (Martodjojo dan Djuhaeni, 1996), dan struktur geologi, sedangkan untuk merekonstruksi

geologi bawah permukaan menggunakan bantuan ilmu geofisika. Sementara itu, analisis laboratorium adalah untuk mengetahui kandungan sumber daya nonhayati yang bernilai ekonomi.

Geologi Umum

Zona Pegunungan Selatan Yogyakarta dan Jawa Tengah (van Bemmelen, 1949) umumnya tersusun oleh batuan gunung api berumur Tersier atau lebih tua dikenal sebagai Formasi Andesit Tua. Selain itu, Zona Pegunungan Selatan yang tersusun oleh batuan dasar gunung api membentuk daerah tinggian dengan morfologi kasar, sedangkan yang disusun oleh batugamping membentuk morfologi kars. Hal ini secara fisiografis memberi gambaran adanya perbedaan fisik yang berhubungan dengan genesisnya. Ciri-ciri fisik tersebut menunjukkan bahwa secara khusus Zona Pegunungan Selatan Yogyakarta dan Jawa Tengah berkaitan erat dengan kegiatan magmatisme dan vulkanisme, dan di sisi lain berkaitan dengan kegiatan organisme yang berkembang di laut. Di sebelah utara Zona Pegunungan Selatan Yogyakarta dan Jawa Tengah ini berkembang morfologi Kwartir produk Gunung Merapi di sebelah barat, dan Gunung Lawu di timur.

Penelitian geologi, terutama stratigrafi Pegunungan Selatan telah banyak dilakukan antara lain oleh: Bothe (1929), van Bemmelen (1949), Rahardjo drr., (1977), Surono drr., (1992), Samodra dan Sutisna (1992), Bronto drr., (1994), dan Hartono (2000). Penelitian tersebut melaporkan adanya beberapa kelompok batuan malihan, batuan beku, batuan gunung api, batuan sedimen, dan batuan karbonat yang menyusun Zona Pegunungan Selatan Yogyakarta dan Jawa Tengah. Secara umum, bagian utara disusun oleh batuan beku dan gunung api, sedangkan bagian selatan disusun oleh batuan

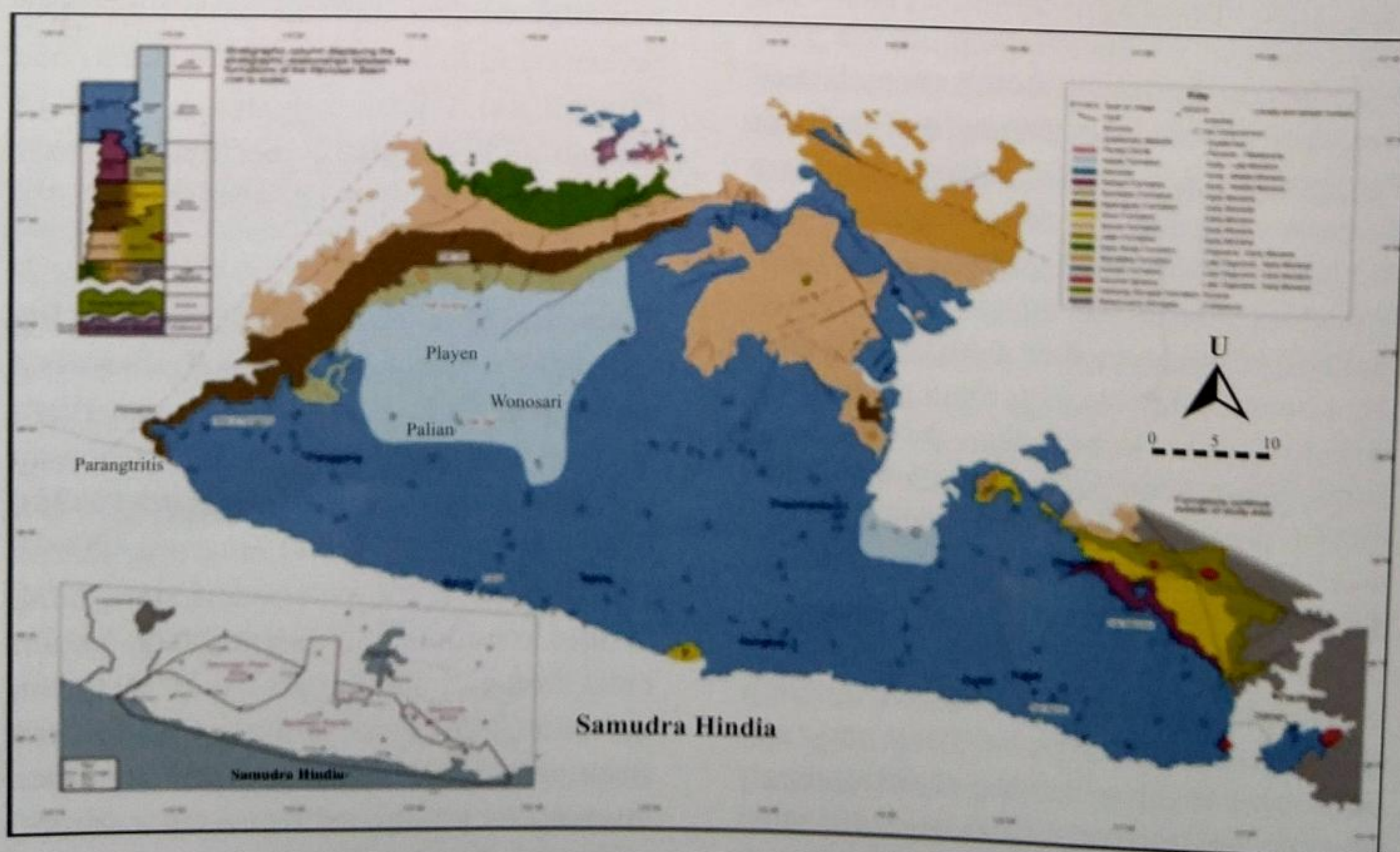
karbonat. Namun, secara khusus di bagian timur laut wilayah ini terdapat daerah yang disusun oleh batuan-batuan Formasi Mandalika (warna oranye) yang penyebarannya terbatas dan pada bagian dalamnya dijumpai batuan intrusi berkomposisi andesit hingga diorit dari kungkungan perlapisan batuan gunung api (Gambar 2).

Batuan beku yang menyusun Zona Pegunungan Selatan Yogyakarta dan Wonogiri, Jawa Tengah terdiri atas batuan beku intrusi dalam (plutonik) dan batuan beku intrusi dangkal (subgunung api) berupa sill dan retas. Kedua kelompok batuan tersebut mempunyai komposisi beragam mulai, dari yang bersifat basa hingga asam. Selain itu, terdapat kelompok batuan yang pelamparannya cukup luas, yaitu batuan gunung api. Kelompok batuan ini terdiri atas batuan produk lelehan dan letusan gunung api. Batuan produk lelehan gunung api berupa aliran lava dan atau breksi otoklastika, sedangkan produk letusan berupa breksi gunung api (breksi piroklastika), breksi lapili tufan, tuf,

dan breksi pumis tufan. Komposisi batuan gunung api tersebut beragam mulai dari basal hingga dasit.

Hubungan stratigrafi antara batuan di daerah Pegunungan Selatan dengan batuan beku intrusi terletak pada lokasi yang sama atau berdekatan dengan batuan gunung api "endapan turbidit"; bahkan dalam banyak hal "endapan turbidit" tersebut diterobos oleh batuan beku intrusi. Selain itu "endapan turbidit" tersusun oleh perselingan antara aliran lava/batuan beku luar dan breksi gunung api yang banyak mengandung bom dan blok gunung api serta tuf. Batuan beku intrusi maupun batuan gunung api "endapan turbidit" di sini mempunyai ciri-ciri petrologi terutama litologi dan mineralogi sama, hanya tekstur dan struktur saja yang membedakan. Hal ini menunjukkan adanya hubungan genesis yang erat di antaranya.

Struktur geologi yang berkembang di sepanjang Pulau Jawa tidak terlepas dari dinamika pergerakan Lempeng Hindia-Australia dari



Gambar 2. Peta geologi regional Pegunungan Selatan Lembar Yogyakarta dan Surakarta - Giritontro (Rahardjo dr., 1977; Surono dr., 1992, dan Samodra dan Sutisna, 1992, dalam Lokier, 1999).

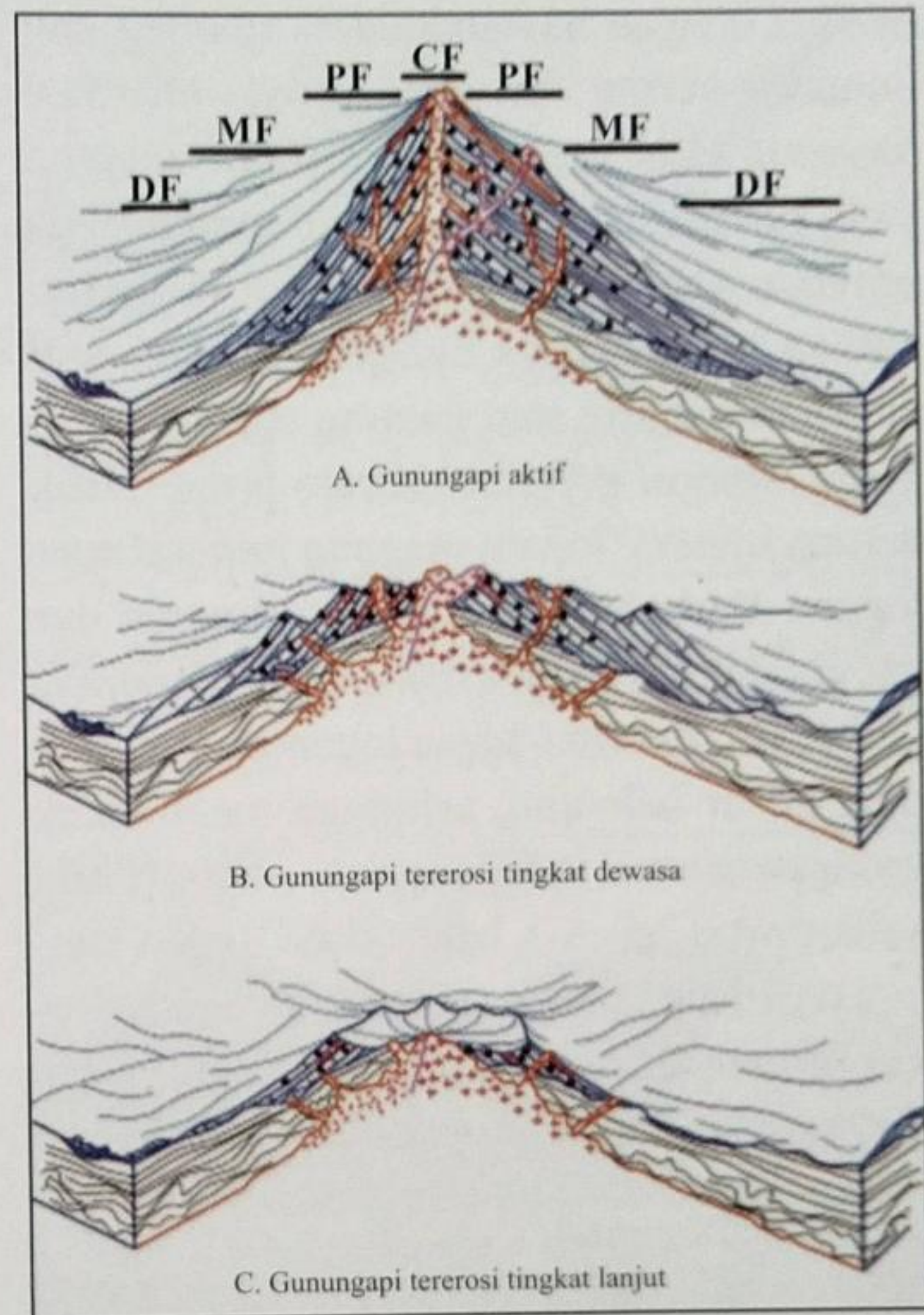
arah selatan ke utara dengan kecepatan $\pm 5 - 7\text{cm/tahun}$. Pulunggono dan Martodjojo (1994) menyatakan adanya pola struktur sebagai respons tegasan utara - selatan terhadap keberadaan Pulau Jawa yaitu pola Jawa, pola Sumatra, dan pola Meratus. Pola Jawa berarah barat-timur; pola Sumatra berarah barat laut-tenggara, dan pola Meratus berarah timur laut-barat daya. Struktur geologi ini dipercaya sebagai arsitek tunggal terhadap kemunculan gunung api masa lampau maupun masa kini, termasuk di dalamnya sebaran sumber daya mineralnya.

Selain respons tektonik yang tercermin pada pola-pola kelurusan struktur geologi di atas, juga ditunjukkan oleh adanya batuan beku intrusi di Pegunungan Selatan. Batuan beku intrusi menunjukkan bahwa lokasi tersebut sebagai busur magma berumur Tersier dan mengindikasikan magma membeku di dalam bumi (Soeria-Atmadja drr., 1994; Suintanto drr., 1994). Pernyataan busur magma di bagian dalam bumi tersebut tentunya diterjemahkan pula sebagai busur gunung api di permukaan bumi. Berdasarkan hal ini, daerah penelitian diperkirakan mengandung sumber daya asal gunung api.

Geologi Gunung Api dan Mineralisasi

Williams dan MacBirney (1979); Vessel dan Davies (1981); Bogie dan Mackenzie (1998) membagi batuan gunung api ke dalam empat litofasies yaitu: (1) *vent facies/central facies* (CF), dicirikan oleh kubah lava, tubuh-tubuh intrusi dangkal (*radial dikes, dike swarms, sills, cryptodomes, volcanic necks*), batuan/mineral alterasi epitermal dan hidrotermal, berbagai *xenolith* beku dan batuan metasedimen-metamorf serta breksi otoklastika pada bagian atas atau luar tubuh intrusi dangkal; (2) fasies proksimal (PF) dicirikan oleh aliran lava, breksi/aglomerat jatuhan piroklastika, dan breksi/aglomerat aliran piroklastika; (3) fasies tengah (MF) dicirikan oleh tuf lapili, baik jatuhan mau-

pun aliran piroklastika, tuf dan breksi lahar; (4) fasies distal (DF) dicirikan oleh adanya batuan gunung api hasil pengerjaan ulang berupa: breksi lahar, konglomerat, batupasir, batulanau, dan batulempung (Gambar 3).



Gambar 3. Fasies gunung api (dikembangkan dari Vessel & Davies, 1981; dalam Hartono, 2000). CF=fasies pusat, PF=fasies proksi, MF=fasies medial, DF=fasies distal.

Naik dan keluarnya magma ke permukaan bumi hampir selalu berada di fasies sentral suatu gunung api (Hartono dan Syafri, 2007). Magma itu berupa batuan pijar yang cair-kental, bersuhu tinggi ($\pm 900\text{ }^{\circ}\text{C} - 1200\text{ }^{\circ}\text{C}$) dan terbentuk di dalam bumi. Dalam pergerakannya ke permukaan bumi, baik benar-benar ke luar di permukaan bumi maupun hanya menerobos batuan di dalam kulit bumi, magma selalu memancarkan panas, gas, serta cairan sisa ke dalam batuan dinding yang mengandung air bawah permukaan. Gas magma atau sering disebut gas gunung api itu antara lain: H_2S , H_2SO_4 ,

HCl, CO, dan CO₂. Interaksi antara panas magma yang tinggi, gas gunung api, cairan sisa magma dengan air bawah permukaan bumi akan mengakibatkan perubahan (alterasi) hidrotermal terhadap batuan gunung api di fasies pusat mulai dari dapur magma sampai dengan kawah/kaldera gunung api. Semakin sering dan lama proses interaksi tersebut serta melibatkan volume magma yang besar, maka alterasi hidrotermal juga semakin kuat. Proses alterasi itu memungkinkan terbentuknya endapan mineral asal kegiatan magma atau gunung api (*volcanogenic mineral deposits*) secara primer, baik berupa mineral logam maupun mineral non-logam. Berhubung cairan sisa magma dan gas gunung api banyak mengandung belerang (sulfur) maka unsur-unsur logam akan terikat oleh unsur belerang, sehingga membentuk endapan mineral sulfida seperti, galena (PbS), kalkopirit (CuFeS₂), barit (BaSO₄) dan lain-lain. Indikasi adanya mineral ubahan hidrotermal mungkin dapat dijumpai di permukaan bumi, tetapi mungkin pula harus dilakukan penyelidikan bawah permukaan.

Westerveld (1952, dalam Sudradjat, 1997) menyatakan bahwa jalur-jalur atau busur-busur magmatisme yang mencakup seluruh wilayah Indonesia sebagai dasar untuk eksplorasi mineral logam dasar. Westerveld dengan konsep cekungannya mencoba merekonstruksi jalur-jalur magmatisme menjadi Orogen Sunda, Orogen Malaya, Orogen Sumatra, Zona Nugini Utara-Halmahera, Orogen Maluku, dan Kompleks Embaluh (Kalimantan). Di pihak lain, berdasarkan tataan tektonik, Carlile dan Mitchell (1994) mengidentifikasi adanya 15 busur magmatisme yang berpotensi membawa cebakan mineral dasar, yaitu: Busur magmatisme Sumatra-Meratus, Sunda-Banda, Aceh, Kalimantan Tengah, Sulawesi-Mindanao Timur, Halmahera Tengah, Irian Jaya, Schwaner, Paparan Sunda, Borneo Barat laut, Talaut, Sumba-Timor, Moon-Utawa,

Halmahera Utara, dan pedataran (utara) Irian Jaya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembelajaran bentang alam gunung api kerucut moderen (misal: Gunung Merapi) sudah tidak tampak lagi pada bentang alam gunung api purba di Zona Pegunungan Selatan. Namun, berdasarkan kajian bentang alam melalui hasil tumpang tindih antara peta topografi, peta geologi, citra SRTM, dan penelitian langsung di lapangan menunjukkan atau dapat diidentifikasi keberadaan bentang alam sisa tubuh gunung api purba di daerah penelitian. Lokasi penelitian dan pengambilan percontoh batuan menunjuk pada daerah yang mewakili topik bahasan (Gambar 4).

Penelitian langsung di lapangan menunjuk pada bentang alam, litologi penyusun, dan struktur geologinya. Bentang alam sisa gunung api tua memberi kesan kerucut seperti diperlihatkan oleh pasangan sayap-sayap yang masih tampak simetris (misal: Gunung Gajahmungkur, Gunung Baturagung, dan Gunung Pilang). Di pihak lain, stratigrafi tinggian-tinggian yang dicurigai sebagai sisa tubuh gunung api tua dibangun oleh batuan gunung api berupa lava dan batuan intrusi dangkal berkomposisi basal - andesit basal - andesit - dasit. Batuan beku tersebut menempati Fasies Pusat dan Fasies Proksimal gunung api, dan umumnya telah mengalami alterasi hidrotermal dan termineralisasi. Pada kedua fasies tersebut sering dijumpai adanya penggalan sumber daya alam non-hayati. Sementara itu, data struktur geologi sering memperlihatkan bahwa ujung sayap bagian dalam mempunyai lereng lebih terjal dibanding ujung sayap yang menjauhi sumber erupsi, di samping mencerminkan kemiringan batuan menyebar radier menjauhi sumber erupsi purbanya. Kemiringan



Gambar 4. Peta lokasi pengamatan dan pengambilan percontoh batuan untuk analisis laboratorium.

batuan tersebut merupakan kemiringan awal yang dikontrol oleh proses magmatisme dan vulkanisme setempat dalam perjalanannya membangun tubuh gunung api purba (Gambar 5).

Batuan penyusun yang menguasai suatu tinggian mencerminkan jenis dan perilaku gunung api yang menghasilkannya. Hal ini menunjukkan jenis gunung api seperti Gumuk, Khuluk, dan Kaldera. Di sisi lain, perilaku gunung api menunjukkan siklus pembangunan ataupun siklus penghancuran terhadap bangunan tubuhnya sendiri. Pemahaman hal tersebut memberikan pengertian tentang sebaran batuan dan/atau sejauh mana batuan yang dihasilkannya diendapkan, terutama batuan lelehannya terlepas dari struktur geologi yang bekerja. Sebagai contoh tinggian Gajahmungkur, hasil rekonstruksi terhadap unsur-unsur utama geomorfologi gunung api memperlihatkan adanya massa batuan gunung api yang hilang. Massa batuan gunung api tersebut merupakan produk fase konstruksi kerucut gunung api. Fase konstruksi terdiri atas perselingan antara batuan hasil kegiatan lelehan dan letusan gunung api. Fase tersebut



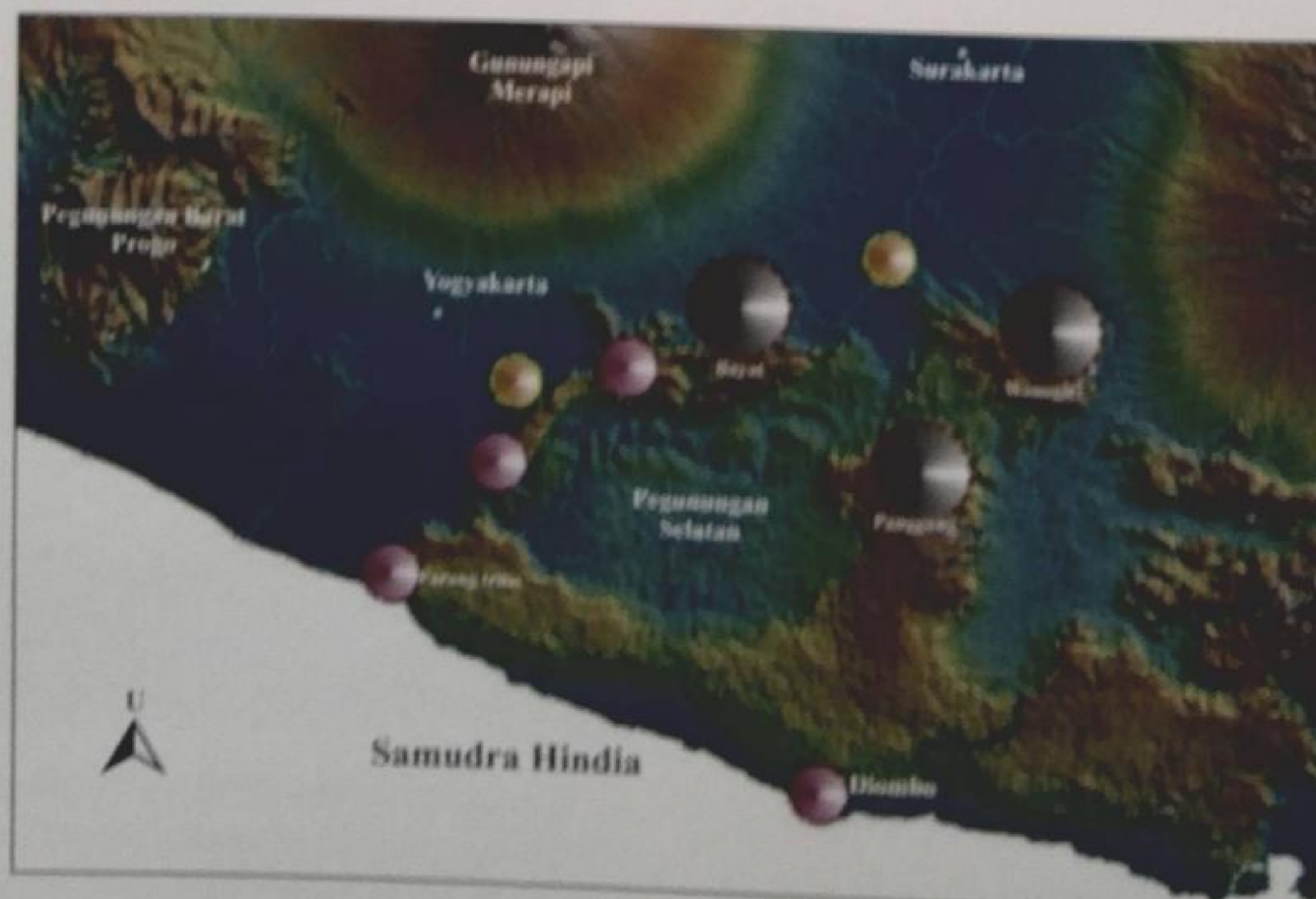
Gambar 5. Kriteria untuk mengidentifikasi sisa tubuh gunung api tua: a) bentang alam kerucut simetris; b) bentang alam kubah; c) lava dan intrusi dangkal; d) batuan teralterasi; e) batuan termineralisasi; f) retas dan alterasi, dan g) struktur sayap simetris.

diikuti oleh fase destruksi yang ditunjukkan oleh pembentukan kaldera Gajahmungkur (Hartono, 2007; Hartono dan Mulyono, 2007). Fase gunung api memberikan arti bahwa, setelah melalui fase konstruksi dan menjalani masa istirahat yang panjang, gunung api ini aktif kembali dengan letusan yang sangat dahsyat membongkar tubuh kerucut gunung api dan membentuk kaldera. Secara petrologi - gunung api, letusan dahsyat gunung api yang diikuti pembentukan kaldera dicirikan oleh batu pumis. Magma yang mengalami proses diferensiasi tingkat lanjut berhubungan dengan energi letusan dan komposisi batuan (asam) yang dihasilkan.

Identifikasi terhadap unsur-unsur gunung api yang telah disebut sebelumnya menghasilkan deliniasi daerah atau lokasi-lokasi yang dipercaya sebagai sisa tubuh gunung api sebagai Fasies Pusat dan Fasies Proksimal. Sebaran lokasi pusat erupsi gunung api purba yang dapat diidentifikasi meliputi gunung api purba Parangtritis, Imogiri, Pilang, Karangdowo, Patuk, Bayat, Tenong, Panggung, dan Wediombo (Gambar 6). Berdasarkan hampan bentang alam, diameter struktur bukaan, dan litologi penyusunnya maka dapat

diidentifikasi jenis gunung api purba yang terdapat di Pegunungan Selatan sebagai satu Gumuk Pilang, Karangdowo; empat Khuluk Parangtritis, Khuluk Imogiri, Khuluk Patuk, Khuluk Wediombo, dan tiga Bregada Gajahmungkur, Baturagung, Panggung.

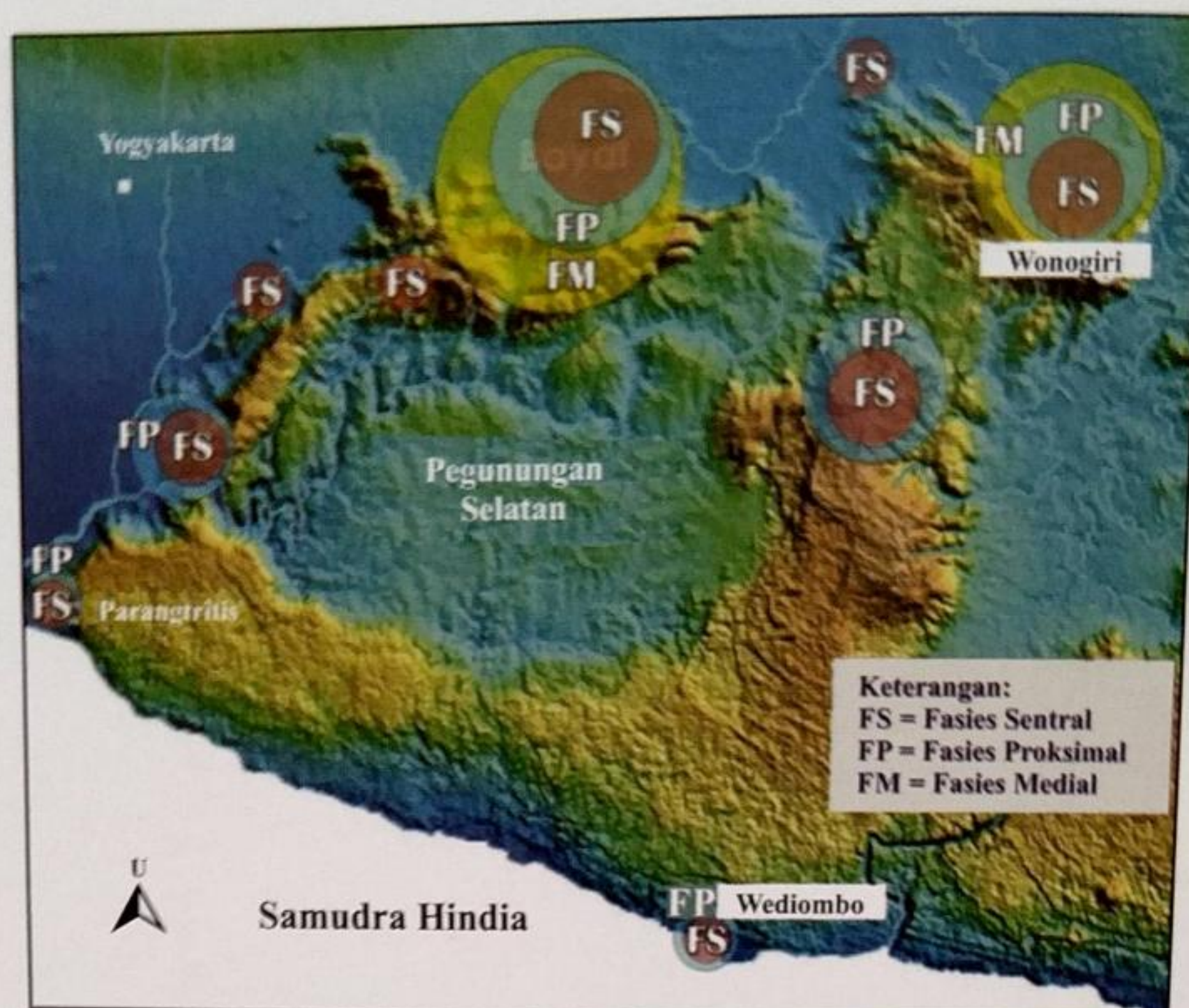
Secara teoritis, munculnya atau terbentuknya sumber daya mineral nonhayati yang bernilai ekonomi berhubungan dengan magmatisme dan vulkanisme. Namun demikian, tidak semua vulkanisme menghasilkan sumber daya mineral nonhayati. Hal ini bergantung pada banyak faktor, seperti tidak adanya larutan hidrotermal yang cukup, dan batuan sampling sebagai perangkapnya. Di antara kesembilan lokasi sisa gunung api purba di Pegunungan Selatan yang dijumpai adanya pengayaan sumber daya mineral nonhayati berupa mineral logam dan non-logam adalah Bregada Gajahmungkur dan Khuluk Wediombo (Tabel 1). Keterdapatannya mineral-mineral asal gunung api primer terkait erat dengan sebaran tubuh gunung api khususnya pada Fasies Pusat/Sentral dan Fasies Proksimal (Gambar 7). Fasies Pusat Bregada Gajahmungkur diwakili oleh Formasi Mandalika, sedangkan Fasies Pusat Khuluk Wediombo diwakili oleh Formasi



Gambar 6. Sebaran gunung api purba di Pegunungan Selatan, Yogyakarta - Jawa Tengah pada citra SRTM. Keterangan; lingkaran kecil = Gumuk, lingkaran menengah = Khuluk, dan lingkaran besar = Bregada.

Tabel 1. Hasil Analisis Laboratorium yang Menunjukkan Adanya Sumber Daya Nonhayati pada Bregada Wonogiri dan Khuluk Wediombo

No.	Daerah Gunung Api	Lokasi Pengamatan	Kode Sampel	Unsur Logam/ Non Logam	Kadar (%)
1		LP-55	GH/001/G	Ca	1,667
				K	1,204
				Si	36,576
				Ti	0,153
2		LP-56	GH/003/G	Ca	0,318
				K	0,139
				Si	35,359
				Ti	0,213
3		LP-56A	GH/004A/G	Ca	0,215
				K	0,901
				Si	43,716
				Ti	0,363
4		LP-57A	GH/004B/G	Ca	0,102
				K	1,206
				Si	42,880
				Ti	0,535
5		LP-57B	GH/006/G	Ca	1,285
				K	0,899
				Si	39,478
				Ti	0,285
6	Khuluk Wediombo	LP-58	GH/007/G	Ca	1,434
				K	0,564
				Si	37,355
				Ti	0,303
7		LP-59A	GH-191/G	Ag	0,000374
				Au	0,000824
				Ca	0,0347
				Cu	0,0568
				Fe	4,979
				K	1,415
				Pb	0,387
				Si	37,337
				Zn	0,362
				Ti	0,269
				Cr	0,0105
				FeO	56,767
8		LP-59B	GH-010/G	Mg	1,106
				Pt	ttd
				TiO ₂	0,129
				Ca	0,194
9		LP-43	GH-008/G	K	0,504
				Si	29,897
				Ti	0,344
				Ca	1,431
10		LP-44	GH-009/G	K	0,988
				Si	36,449
				Ti	0,399
				Ca	0,00104
11		LP-45	GH-009A/G	K	0,291
				Si	31,551
				Ti	0,456
				Ca	0,397
12	Bregada Wonogiri	LP-46	GH-188/G	K	0,928
				Si	38,983
				Ti	0,370
				Ca	1,217
13		LP-47	GH-189/G	K	0,652
				Si	38,809
				Ti	0,351
				Galena	Hundreds ppm
14		Selogiri (Prihatmoko drr., 2005)		Sphalerit	Hundreds ppm
				Au	7,34 - 20,9 g/t
				Cu	0,31 - 0,96 %
				Cu	Hundreds g/t
15	Khuluk Wediombo	Wediombo (Prihatmoko drr., 2005)			



Gambar 7. Sebaran gunung api purba di daerah penelitian yang disertai perkembangan fasies gunung api di masing-masing gunung api. Fasies Pusat/ Sentral Wonogiri dan Wediombo teridentifikasi terjadi pengkayaan sumber daya mineral non hayati.

Wuni, kedua formasi tersebut disusun oleh dominasi perselingan antara aliran lava dengan breksi gunung api dan tuf, dan terkadang dijumpai batuan terobosan. Di pihak lain, kemunculan gunung api sebagai respons struktur geologi yang bekerja sebelumnya, pada saat maupun setelahnya.

KESIMPULAN

Pegunungan Selatan Yogyakarta-Jawa Tengah dibangun oleh dua gumuk, empat khuluk, dan tiga bregada. Sebaran lokasi erupsi gunung api purba yang berarah relatif barat - timur ini berkontribusi langsung dengan keterdapatannya sumber daya alam nonhayati di Bregada Gajahmungkur dan Khuluk Wediombo.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pimpinan DIKTI dan Kopertis Wilayah V Yogyakarta yang telah mendanai penulis melakukan riset fundamental 2013 dan penggunaan data untuk publikasi makalah ini. Ucapan terima kasih ditujukan pula kepada Ketua

STTNAS dan Ketua Jurusan Teknik Geologi yang telah mengizinkan peneliti melakukan penelitian bersama mahasiswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Bogie, I. dan Mackenzie, K.M., 1998. The application of a volcanic facies model to an andesitic strato-volcano hosted geothermal system at Wayang Windu, Java, Indonesia, *Proceedings of 20th NZ Geothermal Workshop*, h.265-276.
- Bothe, A.Ch.D., 1929. Djiwo Hills and Southern Ranges. Excursion Guide, *IVth Pacific Science Congress*, Bandung, 23h.
- Bronto, S., Misdiyanta, P., Hartono, G., dan Sayudi, S., 1994. Penyelidikan Awal Lava Bantal Watuadeg, Bayat, dan Karangsembung, Jawa Tengah, *Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta*, h.123-130.
- Carlile dan Mitchel, 1994. Magmatic arcs and associated gold and copper mineralization in Indonesia. *Journal of Geochemistry Exploration*, 50, h.91-142.
- Hartono, G. dan Syafril, I., 2007. Peranan Merapi Untuk Mengidentifikasi Fosil Gunung Api Pada "Formasi Andesit Tua": Studi Kasus Di Daerah Wonogiri. *Jurnal Sumber Daya Geologi*, 2 (33) Spesial Ed., Geologi Indonesia: Dinamika Dan Produknya, Pusat Survei Geologi, h.63-80.

- Hartono, G. dan Mulyono, 2007. Pumis Penunjuk Letusan Dahsyat Gunung Api: Studi Kasus Pada Formasi Semilir Di Pegunungan Selatan, Yogyakarta. *Jurnal Ilmu Kebumihan*, 20 (1), UPN "Veteran" Yogyakarta, h.1-10.
- Hartono, G., 2000. *Studi Gunung api Tersier: Sebaran Pusat erupsi dan Petrologi di Pegunungan Selatan Yogyakarta*. Tesis S2, ITB, 168 h, tidak diterbitkan.
- Hartono, G., 2007. Studi Batuan Gunung Api Pumis: Mengungkap Asal Mula Bregada Gunung Api Purba Di Pegunungan Selatan, Yogyakarta, Abstrak. *Seminar dan Workshop "Potensi Geologi Pegunungan Selatan dalam Pengembangan Wilayah"*, Kerjasama PSG, UGM, UPN "Veteran", STTNAS dan ISTA, Yogyakarta.
- Hartono, G., Sudradjat, A., dan Syafri, I., 2007. Gumuk Gunung Api Purba Bawah Laut Di Tawang Sari-Jomboran, Sukoharjo-Wonogiri, Jawa Tengah. *Joint Convention Bali, HAGI 32nd-IAGI 36th-IATMI 29th*.
- Herman, D.Z., 2006. Model Fasies Gunungapi Dalam Kaitannya Dengan Ubahan Hidrotermal dan Mineralisasi Di Daerah Selogiri, Kabupaten Wonogiri - Jawa Tengah. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 1 (1), h.43-52.
- Imai, A., Shinomiya, J., Soe, M.T., Setijadji, L.D., Watanabe, K., dan Warmada, I.W., 2007. Porphyry-type Mineralisation at Selogiri Area, Wonogiri Regency, Central Java, Indonesia. *Resource Geology*, 57 (2), h.230-240.
- Isnawan, D., 2001. *Kontrol Struktur Geologi Terhadap Endapan Tembaga di Daerah Ngerjo, Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah*, Tesis S2, UGM, tidak diterbitkan.
- Lokier, S.W., 1999. The Development of The Miocene Wonosari Formation, South Central Java. *Proceedings, Indonesian Petroleum Association, 27th Annual Convention & Exhibition*, h.217-222.
- Martodjojo, S. dan Djuhaeni, 1996. Sandi Stratigrafi Indonesia, Komisi Sandi Stratigrafi Indonesia. *Ikatan Ahli Geologi Indonesia*. Jakarta, 25h.
- Prihatmoko, S., Hendratno, A., dan Harijoko, A., 2005. Mineralization and Alteration Systems in Pegunungan Seribu, Gunung Kidul and Wonogiri. *Prosiding JCS, HAGI XXX-IAGI XXXIV-PERHAPI XIV*, Surabaya.
- Pulunggono, A. dan Martodjojo, S., 1994. Perubahan Tektonik Paleogen-Neogen Merupakan Peristiwa Tektonik Terpenting di Jawa. *Kumpulan Makalah Seminar: Geologi dan Geotektonik Pulau Jawa, Sejak Akhir Mesozoik Hingga Kuartar, Jurusan Teknik Geologi, UGM*, h.1-9.
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi, dan Rosidi, H. M. D., 1977. *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa, skala 1 : 100.000*. Direktorat Geologi, Bandung.
- Samodra, H. dan Sutisna, K., 1992. *Peta Geologi Lembar Klaten Jawa Tengah, skala 1 : 50.000*. Pusat dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Soeria-Atmadja, R., Maury, R. C., Bellon, H., Pringgoprawiro, H., Polve, M., dan Priadi, B., 1994. The Tertiary Magmatic Belts in Java. *Journal of SE-Asian Earth Science*, 9 (1/2), h.13-27.
- Sudradjat, A., 1997. *Ilustrasi Geologi*. Grafimatra Tatamedia PT, Jakarta Selatan, h.1-285.
- Suprpto, 1998. *Model Endapan Emas Epitermal Daerah Nglenggong, Kecamatan Selogiri, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah*, Tesis S-2 Program Studi Rekayasa Pertambangan, Fakultas Pasca Sarjana ITB, tidak diterbitkan.
- Surono, Sudarno, I., dan Toha, B., 1992. *Peta Geologi Lembar Surakarta - Giritontro, Jawa, skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sutanto, Soeria-Atmadja, R. C. Maury, dan H. Bellon, 1994. Geochronology of Tertiary Volcanism in Java. *Kumpulan Makalah Seminar Geologi dan Geotektonik Pulau Jawa, Sejak Akhir Mesozoik hingga Kuartar, Jurusan Teknik Geologi, F. Teknik UGM, Yogyakarta*, h.53-56.
- Van Bemmelen, R.W, 1949. *The Geology of Indonesia*, Vol IA, Government Printing Office, h.28-29, 102-106, 595-602.
- Vessel, R. K. and Davies, D. K., 1981. Non Marine Sedimentation in An Active Fire Arc Basin. *Dalam: Etridge, F. G. dan Flores, R.M. (Eds.), Recent and Ancient Non Marine Depositional Environments: Models for Exploration, Society of Economics Paleontologists and Mineralogists, Special Publication*, 31.
- Widagdo, A., 2006. *Peranan Tektonik Dalam Pembentukan Rekahan Batuan Sebagai Ruang Bagi Mineralisasi Di Daerah Gunung Tumbu Dan Sekitarnya, Kecamatan Selogiri, Kabupaten Wonogiri - Jawa Tengah*, Tesis S2, UGM, 157h, tidak diterbitkan.
- Williams, H. dan Mc Birney, A.R., 1979. *Volcanology*. Freeman, Cooper & Co., San Francisco, 397h.