

PERANAN VOLKANOLOGI DALAM PENCARIAN SUMBER DAYA MINERAL PRIMER DI DAERAH WONOGIRI, JAWA TENGAH

Oleh:

Gendoet Hartono*)

*) Teknik Geologi STTNAS, Yogyakarta

Abstrak

Indonesia mempunyai banyak gunung api, baik yang masih aktif maupun yang sudah mati. Sehingga Indonesia merupakan negara yang kaya akan bahan galian mineral yang berhubungan dengan kegiatan gunung api. Daerah tinggian G. Gajahmungkur, Wonogiri secara geologis sangat memungkinkan terbentuknya cebakan mineral yang secara genetik dipengaruhi oleh kegiatan gunung api purba. Penelitian ini bertujuan mengetahui kondisi geologi gunung api purba Gajahmungkur, Wonogiri dan mengetahui potensi mineral-mineral vulkanogenik yang bersifat ekonomi dengan melakukan penelitian geologi permukaan dan penerapan prinsip geologi *The present is the key to the past*. Penelitian geologi permukaan melibatkan berbagai disiplin ilmu geologi, seperti geomorfologi gunung api, vulkanologi, stratigrafi gunung api, petrologi-geokimia, dan struktur geologi. Kegunaan penelitian ini mendukung pengembangan ilmu kegunungapian dan stratigrafi gunung api dengan penekanan pada upaya mengungkap kejelasan peran paleovulkanisme terhadap teknik pencarian sumber daya mineral vulkanogenik, selain dapat digunakan selaku model untuk menentukan arah eksplorasi sumber daya alam geologi, terutama di bidang mineral dan hidrokarbon.

Kata-kata kunci: Gunung api purba, vulkanogenik, Wonogiri, sumber daya alam geologi

Abstract

Indonesia have so many volcanoes, both of ancient and also active volcanoes. Therefore, Indonesia might be rich in minerals resources related with volcanoes activities. Geologically, the Mt. Gajahmungkur highland, Wonogiri, might be formed minerals influenced by ancient volcano activity. This research wants to know about condition of ancient Gajahmungkur volcano, Wonogiri and understand the economic volcanogenic minerals potency by surface geological research and apply geological principle of "the present is the key to the past". Surface geological mapping involve any geological disciplines, such as volcanic geomorphology, volcanology, volcano stratigraphy, petrology-geochemistry, and structural geology. This research use to support volcanic science and stratigraphy with focusing in explanation of ancient volcanism, especially of volcanogenic mineral resources, and also applied as modeling to determine of geological resource exploration direction, mainly in mineral and hydrocarbon disciplines.

Keywords: Ancient volcano, volcanogenic, Wonogiri, geological resource.

PENDAHULUAN

Indonesia mempunyai banyak gunung api, baik yang masih aktif maupun yang sudah mati. Gunung api tersebut tersebar di seluruh kepulauan Indonesia, mulai dari Sabang di ujung barat laut sampai dengan Irian Jaya di bagian timur. Gunung api yang sudah mati itu digolongkan sebagai gunung api purba karena kegiatannya berlangsung antara 10.000 tahun sampai dengan puluhan juta tahun yang lalu. Pada kenyataannya penambangan mineral banyak dilakukan di daerah berbatuan gunung api (G. Gajahmungkur, Wonogiri) yang diperkirakan sebagai bekas gunung api purba (Hartono, 2000). Mineral tersebut dapat berupa mineral logam, seperti emas, perak, bijih besi, nikel, kobalt, krom dan tembaga, atau mineral non logam, contohnya kaolin, feldspar, zeolit dan posfat. 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

Makalah ini akan dipresentasikan pada seminar nasional di UPN, Veteran, Yogyakarta, 7 Agustus 2008

gunung api masa lalu dan pembentukan mineral volkanogenik tersebut belum dilakukan secara terperinci.

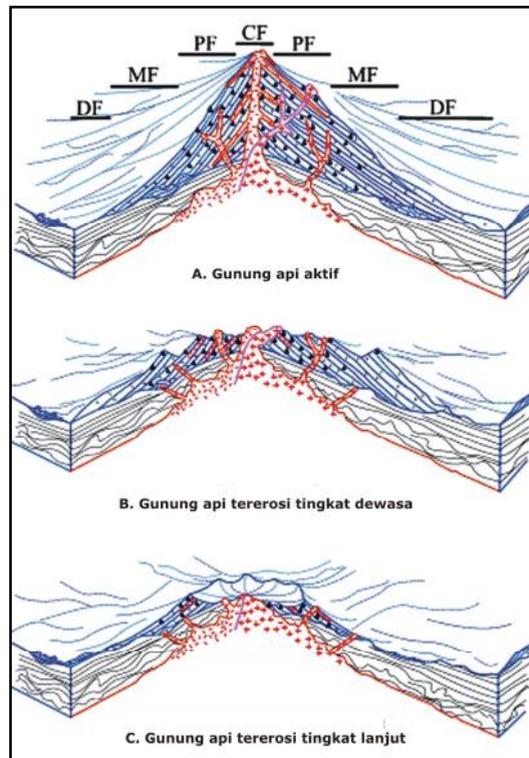
Daerah penelitian yang menjadi pokok pembahasan terletak lebih kurang 25 km di sebelah selatan kota Surakarta atau sebelah timur kota Yogyakarta. Lebih fokus lagi pada tinggian Gunung Gajahmungkur dan sekitarnya yang pelamparannya menempati wilayah administrasi Kabupaten Sukoharjo di bagian barat, dan wilayah administrasi Kabupaten Wonogiri di bagian timur.

TINJAUAN PUSTAKA

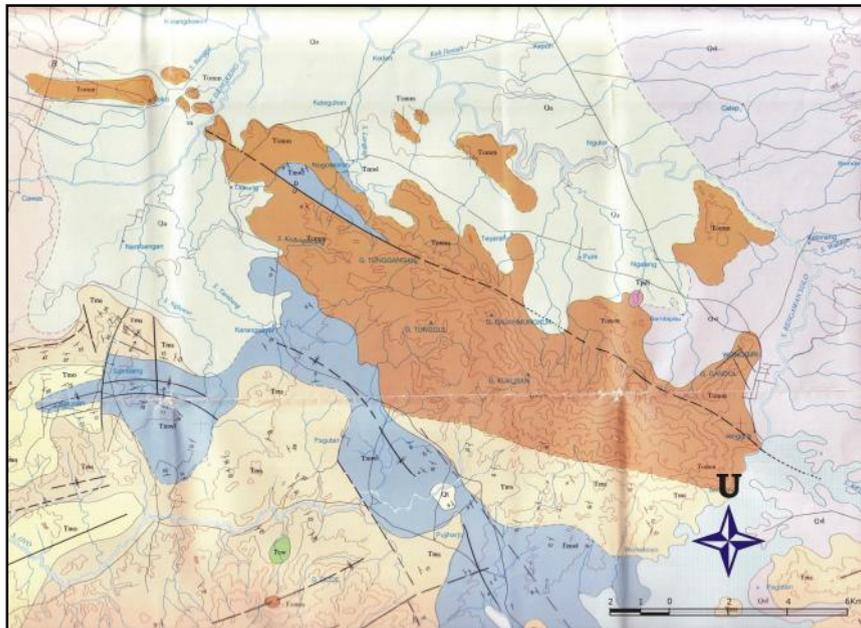
Macdonald (1972), mendefinisikan gunung api sebagai tempat atau bukaan yang menjadi titik awal bagi batuan pijar dan atau gas yang keluar ke permukaan bumi dan bahan sebagai produk yang menumpuk di sekitar bukaan tersebut membentuk bukit atau gunung. Tempat atau bukaan tersebut disebut kawah atau kaldera, sedangkan batuan pijar dan gas adalah magma. Batuan atau endapan gunung api adalah bahan padat berupa batuan atau endapan yang terbentuk sebagai akibat kegiatan gunung api, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Williams & MacBirney (1979); Vessel & Davies (1981); Bogie dan Mackenzie, (1998) membagi batuan gunung api ke dalam 4 litofasies yaitu: (1) *vent facies/central facies*, dicirikan oleh kubah lava, tubuh-tubuh intrusi dangkal (*radial dikes, dike swarms, sills, cryptodomes, volcanic necks*), batuan/mineral alterasi epitermal dan hidrotermal, berbagai xenolith batuan beku dan batuan metasedimen-metamorf serta breksi autoklastika pada bagian atas atau luar tubuh intrusi dangkal; (2) *proximal facies* dicirikan oleh aliran lava, breksi/aglomerat jatuhnya piroklastika dan breksi/aglomerat aliran piroklastika; (3) *medial facies* dicirikan oleh tuf lapili baik jatuhnya maupun aliran piroklastika, tuf dan breksi lahar; (4) *distal facies* dicirikan oleh adanya batuan gunungapi hasil pengerjaan ulang berupa: breksi lahar, konglomerat, batupasir, batulanau dan bat ulempung (Gambar 1). Sementara itu, Bronto (2006) mengembangkan konsep fasies gunung api untuk pencarian sumber energi mineral dan hidrokarbon.

Daerah Wonogiri, khususnya daerah Gunung Tenongan, Jendi, Komplek Gunung Tumbu dan batuan yang melingkupi umumnya merupakan batuan gunung api, lava koheren dan volkaniklastik yang terdiri dari breksi tuf dengan sisipan batupasir tuf. Perselang-selingan batuan gunung api tersebut (Gambar 2) dikelompokkan ke dalam Formasi Mandalika (Surono, *et al.*, 1992). Hal ini mencerminkan adanya kegiatan gunung api komposit di daerah tersebut yang memungkinkan terbentuknya endapan mineral baik yang diakibatkan oleh kegiatan pada waktu gunung api tersebut masih aktif maupun cebakan mineral yang berhubungan dengan proses alterasi. Di pihak lain, Hartono (2000), Hartono, *et al.*, (2000), Hartono dan Syafri (2007) menyatakan bahwa daerah Gunung Gajahmungkur, Wonogiri merupakan bekas atau sisa pusat erupsi gunung api purba. Di daerah yang diperkirakan sebagai bekas kawah gunung api purba terdapat atau menunjukkan adanya proses alterasi hidrotermal dan mineralisasi. Proses alterasi tersebut ditunjukkan dengan adanya batuan gunung api masif seperti batuan intrusi, aliran lava, dan batuan fragmental seperti breksi gunung api, tuf telah mengalami ubahan baik warna maupun komposisi. Di sisi lain, lokasi batuan gunung api yang telah mengalami proses alterasi tersebut menempati bagian dalam dari suatu morfologi yang berbentuk tapal kuda (*horse shoe shape*) atau bentuk bulan sabit yang membuka ke arah utara.



Gambar 1. Fasies Gunungapi (dikembangkan dari Vessel & Davies, 1981; dalam Hartono, 2000). CF=fasies pusat, PF=fasies proksi, MF=fasies medial, DF=fasies distal.



Gambar 2. Peta geologi daerah Gunung Gajahm unkur, Wonogiri (disederhanakan dari Surono, *et al.*, 1992).

Beberapa peneliti (misalnya: Suprpto, 1998; Isnawan, 2001; Prihatmoko, *et al.*, 2005; Widagdo, 2006; Herman, 2006; Imai, *et al.*, 2007) juga mengkaitkan kegiatan gunung api purba di daerah Wonogiri dengan alterasi dan mineralisasi atau fasies sentral gunung api merupakan daerah yang

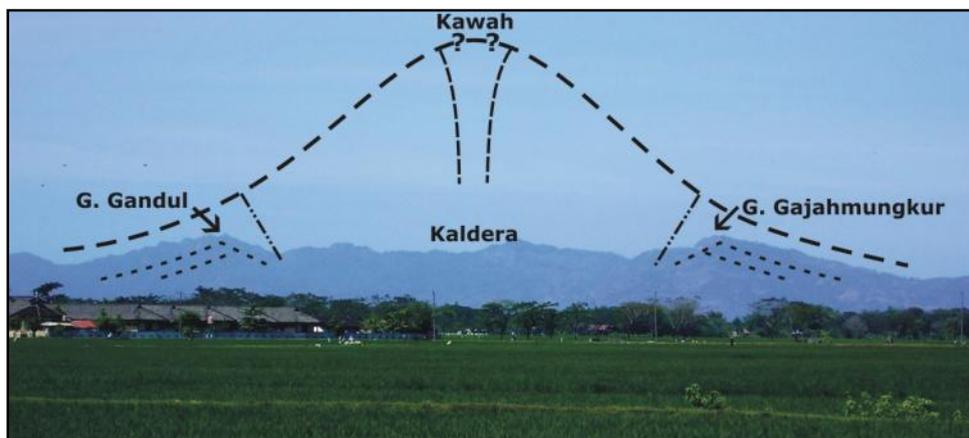
berperan penting dalam pembentukan mineral bernilai ekonomi, selain proses tektonik yang memfasilitasi ruang untuk terjadinya vulkanisme. Di pihak lain, penelitian bawah permukaan yang dilakukan oleh Haryono *et al.*, (1995), Setiaji & Sobari, (2005) di daerah Wonogiri juga mendukung adanya morfologi kubah bawah bumi (*cryptodomes*) di sekitar G. Tenongan, Jendi dan kompleks Gunung Tumbu. Hal tersebut ditunjukkan adanya anomali gaya berat Bouguer dengan nilai berat jenis tinggi sebesar $2,8\text{gr/cm}^3$ yaitu batuan beku, sedangkan batuan yang lain menunjukkan nilai yang lebih rendah, seperti breksi tuf, breksi pumis, dan tuf yang tersebar melingkupi batuan bekunya.

METODE PENELITIAN

Pendekatan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan pendekatan geologis. Pendekatan geologis ini melibatkan pemahaman vulkanologi dalam kaitannya dengan alterasi dan mineralisasi. Di samping itu, juga menerapkan prinsip geologi *The present is the key to the past*, karakteristik gunung api masa kini diantaranya bentuk dan letak sumber erupsi, bentuk gunung api, struktur gunung api, produk dan komposisi batuan, dijadikan acuan untuk penentuan kedudukan sumber erupsi dan kondisi gunung api masa lalu. Penentuan sumber erupsi gunung api purba ini berhubungan erat dengan fasies pusat gunung api dan sumber daya mineral primer.

HASIL DAN PEMBAHASAN

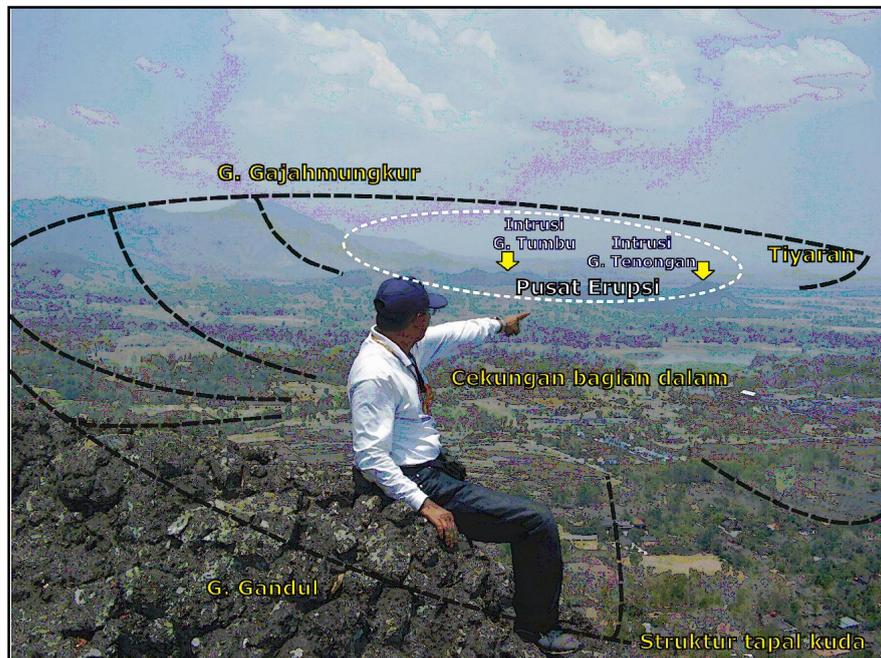
Pembelajaran bentang alam gunung api kerucut moderen (misal: G. Merapi) sudah tidak tampak lagi pada fosil Gunung api Gajahmungkur, Wonogiri, namun kesan kerucut yang dibentuk oleh sisa tubuh Fasies Proksimal – Fasies Medial masih dapat dikenali. Kesan kerucut tersebut diperlihatkan oleh pasangan sayap-sayap yang masih nampak simetris yaitu sayap barat diwakili tinggian Gunung Gajahmungkur, sayap timur diwakili tinggian Gunung Gandul (Gambar 3), sayap timurlaut diwakili tinggian Kukusan, dan sayap baratlaut diwakili tinggian Tiyaran. Sementara ujung sayap bagian dalam memperlihatkan lereng lebih terjal dibanding ujung sayap yang menjauhi sumber erupsi, di samping mencerminkan kemiringan batuan menyebar radier menjauhi sumber erupsi purbanya. Kemiringan batuan tersebut merupakan kemiringan awal yang dikontrol oleh proses magmatisme dan vulkanisme setempat dalam perjalanannya membangun tubuh gunung api purba.



Gambar 3. Rekonstruksi yang menggambarkan kenampakan sayap simetris fosil gunung api Gajahmungkur dilihat dari arah utara (Sukoharjo), kemiringan awal batuan, posisi kawah dan kaldera purba.

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 dari perselingan antara batuan hasil kegiatan lelehan dan letusan gunung api. Kemudian diikuti oleh fase destruksi yang ditunjukkan oleh pembentukan kaldera Gajahmungkur (Hartono, 2007; Hartono & Mulyono, 2007). Artinya, 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.

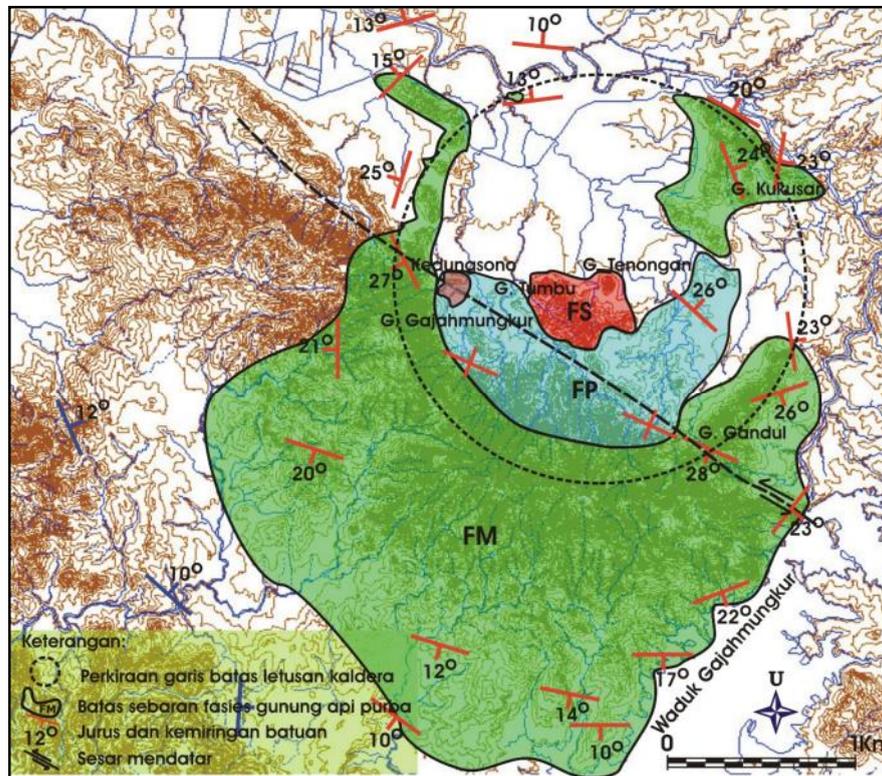
Di bagian dalam dari bentang alam yang menyerupai bentuk tapal kuda atau bulan sabit ini dijumpai morfologi kerucut batuan intrusi Gunung Tenongan, dan batuan intrusi kompleks Gunung Tumbu - Tulakan dan intrusi Kedungsono (Gambar 4). Besar sudut lereng yang membentuk gawir kawah (?) purba lebih terjal ($20^{\circ} - 30^{\circ}$) dibanding pelamparannya di bagian kaki ($8^{\circ} - 12^{\circ}$). Di daerah tinggian Gunung api Gajahmungkur di gawir barat – baratdaya membentuk kemiringan batuan ke arah barat hingga baratdaya. Gunung Popok dan Gunung Ngroto yang melampar di bagian gawir selatan membentuk kemiringan batuan ke arah selatan, demikian pula Gunung Gandul di bagian gawir timur membentuk kemiringan batuan ke arah timur. Bentang alam pasangan dari bentang alam di bagian selatan adalah bentang alam Tiayaran bagian gawir barat laut membentuk kemiringan perlapisan batuan ke arah barat laut, dan bentang alam Gunung Kukusan bagian gawir timurlaut membentuk kemiringan perlapisan batuan ke arah timurlaut. Struktur tapal kuda yang di dalamnya dijumpai batuan intrusi merupakan ciri utama keberadaan sumber erupsi purba.



Gambar 4. Rekonstruksi yang menggambarkan lokasi pusat erupsi, kaldera, dan struktur tapal kuda Gunung api Gajahmungkur.

Mengacu pada letak pelamparan batuan gunung api masif maupun fragmental terhadap sumber erupsi pada gunung api masa kini, maka dapat digambarkan arah, luas dan bentuk sebaran asosiasi batuan gunung api sebagai produk lelehan maupun letusan purba Gunung api Gajahmungkur. Fasies Sentral ditunjukkan oleh lokasi batuan intrusi Gunung Tenongan dan batuan intrusi Kedungsono berkomposisi andesit porfiri atau mikrodiorit. Selain itu, batuan intrusi juga dijumpai di antara kedua batuan intrusi di atas yaitu di Dusun Tulakan atau bagian intrusi kompleks Gunung Tumbu. Sebaran batuan intrusi ini menempati lokasi di bagian dalam (tengah ?) dari struktur bentang alam tapal kuda Gunung api Gajahmungkur. Tubuh batuan intrusi mengalami pelapukan hidrotermal yang memperlihatkan warna sangat variatif. Selain itu, dijumpai proses mineralisasi yang membentuk mineral-mineral ekonomi hidrotermal.

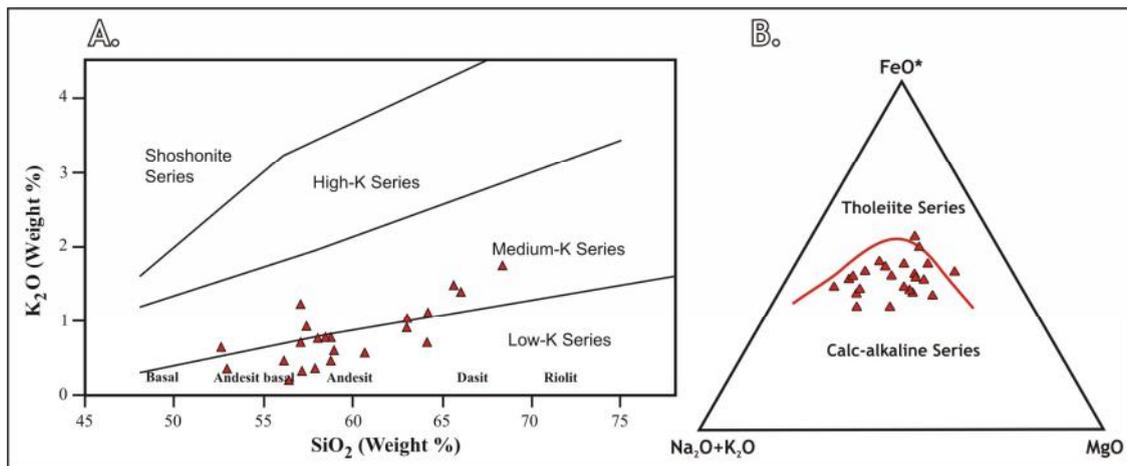
Fasies Sentral yang diwakili batuan intrusi Gunung Tenongan dan batuan intrusi Kedungsono berkomposisi andesit porfiri atau mikrodiorit dilingkupi oleh asosiasi batuan gunung api yang menempati Fasies Proksimal (Gambar 5). Fasies Proksimal ini membentuk tinggian Gunung Gajahmungkur berupa aliran lava andesit dan breksi piroklastik atau breksi gunung api. Fasies ini juga disusun oleh perselingan antara aliran lava dan breksi piroklastik, dan tuf. Tubuh aliran lava mengalami pengkekar dan beberapa ruang kekar tersebut telah terisi oleh material sekunder berupa kalsit dan kuarsa. Bentuk pelamparan fasies gunung api ini melingkar membuka ke utara melingkupi batuan intrusi. Bentang alam fasies ini memperlihatkan relief lebih tinggi dan terjal dibandingkan dengan fasies sentral.



Gambar 5. Identifikasi fosil gunung api berdasarkan pelamparan litologi (penerapan konsep fasies gunung api) dan struktur gunung api. FS = Fasies Sentral, FP = Fasies Proksimal, FM = Fasies Medial.

Bentang alam tinggian yang mewakili Fasies Proksimal dilingkupi oleh Fasies Medial yang disusun oleh material fragmental gunung api fraksi kasar berupa breksi piroklastik dengan fragmen batuan beku andesit, bom dan blok gunung api berukuran 20 cm – 45 cm. Bentuk fragmen umumnya runcing – runcing tanggung dan tertanam di dalam matrik berukuran tuf kasar. Perselingan batuan penyusun fasies ini memperlihatkan ketebalan yang bervariasi mulai dari beberapa sentimeter hingga meter dan memperlihatkan struktur sedimen berupa struktur laminasi, struktur silang siur, struktur perlapisan bersusun, struktur masif, dan struktur perlapisan bersusun terbalik. Pada perlapisan batuan yang disusun oleh material berukuran tuf halus terdapat endapan bergelombang (*surges*). Secara umum batuan gunung api penyusun Fasies Sentral, Fasies Proksimal, dan Fasies Medial disusun oleh batuan yang dikelompokkan ke dalam Formasi Mandalika (Surono, *et al.*, 1992).

Identifikasi tubuh gunung api melalui pembelajaran petrologi – geokimia terhadap 23 sampel batuan gunung api menunjukkan adanya kesamaan tekstur dan komposisi. Batuan Gunung api Gajahmungkur bertekstur gelas, porfiri hingga fanerik halus, berkomposisi andesit basal hingga dasit, namun masih dalam satu afinitas atau seri magma yang sama (seri kalk -alkali). Perajahan batuan ini menunjukkan adanya koherenitas antara batuan intrusi pada Bregada Gajahmungkur dengan batuan klastika gunung api yang melingkupinya yaitu seri kalk -alkali (Gambar 6).

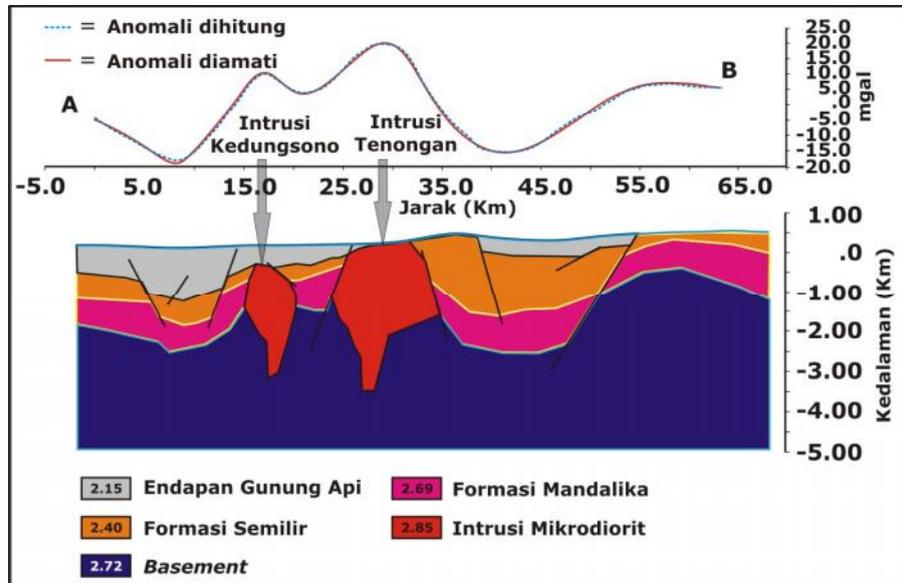


Gambar 6. Analisis petrokimia batuan gunung api (simbol segitiga) di tinggian Gunung Gajahmungkur dalam diagram a) Peccerillo-Taylor (1976) dan b) Irvine-Baragar (1971). Sumber data Hartono (2000) dan koleksi Dr. Lukas D.S.

Identifikasi terhadap keberadaan tubuh gunung api purba melalui pembelajaran bentang alam, stratigrafi gunung api, petrologi di permukaan bumi didukung oleh pelamparan batuan gunung api bawah permukaan bumi yang menunjukkan adanya dua batuan intrusi dengan berat jenis $2,85 \text{ gr/cm}^3$ dan mempunyai kedalaman sekitar 3 km di bawah permukaan bumi (Gambar 7). Kedua batuan intrusi tersebut tersingkap di Fasies Sentral yaitu di daerah Tenongan (komplek Gunung Tumbu) dan daerah Kedungsono. Jarak antara kedua batuan intrusi tersebut kira-kira 5 km – 10 km. Selain itu, batuan klastika gunung api mempunyai berat jenis berkisar antara $2,4 \text{ gr/cm}^3$ hingga $2,69 \text{ gr/cm}^3$ yang pelamparannya di sekitar atau melingkupi batuan intrusinya (Setiadi dan Sobari, 2005).

Penentuan pusat erupsi gunung api purba dan pemetaan rinci terhadap sebaran tubuh gunung api yang tercermin pada fasies gunung api perlu ditingkatkan. Hal ini berkaitan dengan

pencarian lokasi sumber energi yang baru. Hal pertama yaitu penentuan pusat erupsi yang berkaitan langsung (primer) dengan adanya proses alterasi dan mineralisasi hidrotermal yang berimplikasi terhadap eksplorasi logam dasar. Beberapa lokasi penambangan emas yang dikelola masyarakat setempat menunjukkan bahwa lokasi tersebut terletak dalam fasies sentral yaitu di Gunung Tenongan dan Gunung Randukuning, Kalipuru, Nglenggong, Keloran, Geritan, kompleks Gunung Tumbu (Gambar 8). Artinya, lokasi keluarnya magma atau kawah purba berimplikasi dengan proses keberadaan logam dasar.



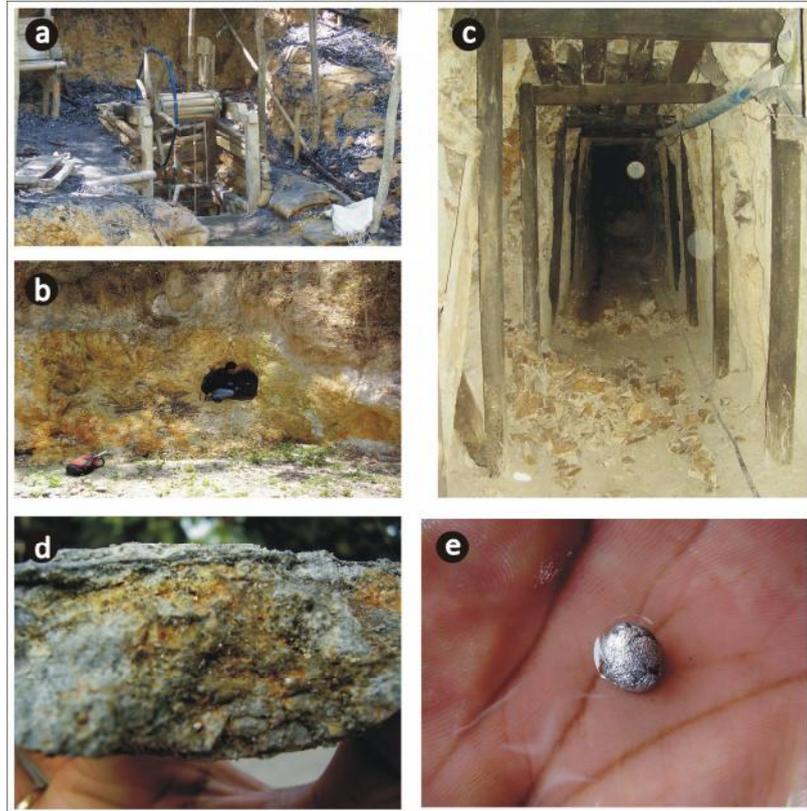
Gambar 7. Identifikasi fosil gunung api bawah muka bumi berdasarkan anomali gaya berat (disederhanakan dari Setiadi dan Sobari, 2005).

KESIMPULAN

- Pemahaman vulkanologi berperan penting terhadap penentuan fasies sentral/pusat yang berkaitan dengan keberadaan sumber daya mine ral primer.
- Sumber erupsi purba terletak di daerah Tenongan, Jendi, yang dicirikan oleh batuan intrusi dangkal Gunung Tenongan, kompleks intrusi Gunung Tumbu, dan intrusi Kedungsono. Mineral - mineral ekonomis ditemukan sebagai akibat alterasi hidrotermal dan mineralisasi di daerah Fasies Sentral.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada panitia Seminar Nasional Kebumihan UPNV Yogyakarta atas diterimanya makalah ini sehingga dapat dipresentasikan dan diterbitkan dalam prosiding. Diucapkan juga kepada Dr. Lukas D. Setijadji, atas ijin penggunaan data geokimia daerah Selogiri, Wonogiri, Jawa Tengah, dan kepada Dr. Sutikno Bronto atas saran dan diskusinya.



Gambar 8. Lokasi penambangan emas di fasies sentral gunung api Gajahmungkur, Wonogiri. Keterangan gambar: a) Tenongan; b) Kalipuru; c) Keloran; d) mineralisasi pirit; dan e) emas.

DAFTAR PUSTAKA

- Bogie, I., dan Mackenzie, K.M., 1998, The application of a volcanic facies models to an andesitic stratovolcano hosted geothermal system at Wayang Windu, Java, Indonesia, Proceed. 20th NZ Geothermal Workshop, pp 265-276.
- Bronto, S., 2006, Fasies Gunung Api dan Aplikasinya, Jurnal Geologi Indonesia, v. 1, n. 2, pp 59 -71.
- Hartono, G. & Syafri, I., 2007, Peranan Merapi Untuk Mengidentifikasi Fosil Gunung Api Pada "Formasi Andesit Tua": Studi Kasus Di Daerah Wonogiri, Geologi Indonesia: Dinamika dan Produknya, Publikasi Khusus, No. 33, Vol. 2, Pusat Survei Geologi, Bandung, pp 63 -80.
- Hartono, G., & Mulyono, 2007, Pumis Penunjuk Letusan Dahsyat Gunung Api: Studi Kasus Pada Formasi Semilir Di Pegunungan Selatan, Yogyakarta, Jurnal Ilmu Kebumihan, vol. 20, No. 1, UPN "Veteran" Yogyakarta, h1-10.
- Hartono, G., 2000, Studi Gunung api Tersier: Sebaran Pusat erupsi dan Petrologi di Pegunungan Selatan Yogyakarta. Tesis S2, ITB, 168 p, 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., Bronto, S., & Yuwono, S., 2000, Tertiary Volcanism in the Southern Mountains of Yogyakarta-Central Java, Indonesia, Abstr., IAVCEI General Assembly, Exploring Volcanoes: Utilization of Their Hazards, July, 18-22, Bali-Indonesia, 255 p.
- Haryono, S., Otong, R., dan Oyon, S., 1995, Peta Anomali Bouguer Lembar Surakarta -Giritontro, Jawa, Skala 1:100.000, Puslitbang Geologi, Bandung.
- 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, Vol. 1, No. 1., pp 43-52.
- Imai, A., Shinomiya, J., Soe, M.T., Setijadji, L.D., Watanabe, K., & Warmada, I.W., 2007, Porphyry -type Mineralisation at Selogiri Area, Wonogiri Regency, Central Java, Indonesia, Resource Geology, Vol. 57, No. 2., pp 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.
- Macdonald, A.G., 1972, Volcanoes, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 510 p.
- Prihatmoko, S., Hendratno, A., & Harijoko, A., 2005, Mineralization and Alteration Systems in Pegunungan Seribu, Gunung Kidul and Wonogiri, Prosiding JCS, HAGI XXX -IAGI XXXIV-PERHAPI XIV, Surabaya.
- Setiadi, I dan Sobari, I., 2005, Aplikasi Gaya Berat dan Geolistrik Mise -A-La-Masse untuk Pendugaan Struktur Geologi Bawah Permukaan dan Implikasinya Terhadap Gejala Mineralisasi di Daerah Wonogiri, Jawa Tengah, Jurnal Sumber Daya Geologi, XV, No. 1, Apr. pp 13 -25.
- 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., 1995, Peta Geologi Lembar Surakarta – Giritontro, Jawa, skala 1:100.000, Puslitbang Geologi, Bandung.
- Vessel, R. K. and Davies, D. K., 1981, Non Marine Sedimentation in An Active Fire Arc Basin, in Etridge, F. G., and Flores, R.M. Editors, 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, 157 p, tidak diterbitkan.
- Williams and Mac Birney, 1979, Volcanology, Freeman, Cooper & Co., San Francisco, 397 p.