

MINERALISASI POLIMETALIK DI DAERAH KEDUNG GROMBYANG, PACITAN, JAWA TIMUR: DALAM PERBANDINGAN DENGAN CEBAKAN EMAS GUNUNG PONGKOR, BOGOR, JAWA BARAT

Iwan Setiawan dan Sudarsono

ABSTRACT Kedung Grombyang area, located at the Southern Mountain of Java, has shown polymetallic occurrences indication. Based on relief shaded gravity image, this area is situated within Yogya-Bayat-Pacitan trending and formed west to southeast curve direction. The existences of magmatic rocks and fault alignment may be used as first assumption to localize a potential area of mineral deposit. Mineral exploration has been conducted on the Southern Mountain by multinational companies and also local mining companies, but so far, there are no area can be identified as having big deposit, such as Gunung Pongkor. The lack of gold deposition at Kedung Grombyang area compare to Gunung Pongkor is due to the differences of their magmatic sources, which are reflected by presentation of different various mineralogy of volcanic rocks of two areas and character of hydrothermal fluids. Beside the andesitic rock, at Kedung Grombyang area we also found basaltic and dasitic rocks. While their structures are relatively similar because both areas are influenced by major fault zone which controlled the occurrences of mineralization on Java island. Phyllic and prophyllitic altered rocks, characterized by formation of muscovite at Kedung Grombyang area are common, while at Gunung Pongkor it is not present. This is also confirmed by microthermometry measurement data,

that Kedung Grombyang area has higher temperature formation rather than Gunung Pongkor. Intensively supergen enrichment at Gunung Pongkor area is suggested to have a good relation with gold rich deposition. That case did not occur at Kedung Grombyang. This paper will discuss the characteristics of alteration and polymetallic mineralization at Kedung Grombyang with Gunung Pongkor areas, in relation with mineralization of Southern Mountain of Java, especially on the east segment, based on petrography, mineragraphy and fluid inclusions

Keywords : Polymetallic Mineralization, Kedung Grombyang, Gunung Pongkor

ABSTRAK Wilayah Kedung Grombyang yang terletak di Jalur Pegunungan Selatan Jawa menunjukkan indikasi keterdapatn endapan logam polimetalik. Berdasarkan pencitraan relief shaded gravity, menunjukkan daerah ini terletak pada kelurusan Yogya-Bayat-Pacitan yang membentuk garis melengkung berarah barat-tenggara. Keterdapatn batuan-batuan magmatik dan kelurusan sesar, dapat dijadikan sebagai asumsi awal untuk melokalisasi daerah yang berpotensi cebakan mineral. Eksplorasi cebakan mineral masih terus dilakukan di Pegunungan Selatan oleh perusahaan multinasional dan perusahaan pertambangan lokal, namun sampai sejauh ini belum ada daerah yang teridentifikasi memiliki cebakan yang besar seperti Gunung Pongkor. Sedikitnya pengendapan emas di Kedung Grombyang daripada di Gunung Pongkor dikarenakan oleh perbedaan magma asal, yang dicerminkan oleh perbedaan variasi mineralogi batuan vulkanik di kedua wilayah dan karakter fluida hidrotermal. Di samping batuan andesitik, di Kedung Grombyang juga terdapat batuan basaltik dan dasitik. Sedangkan strukturnya relatif sama, karena kedua wilayah dipengaruhi oleh zona sesar utama yang

Naskah masuk : 3 September 2009
Naskah diterima : 1 April 2009

Iwan Setiawan
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI
Kompleks LIPI, Jl. Sangkuriang Bandung 40135
Email : iwan@geotek.lipi.go.id

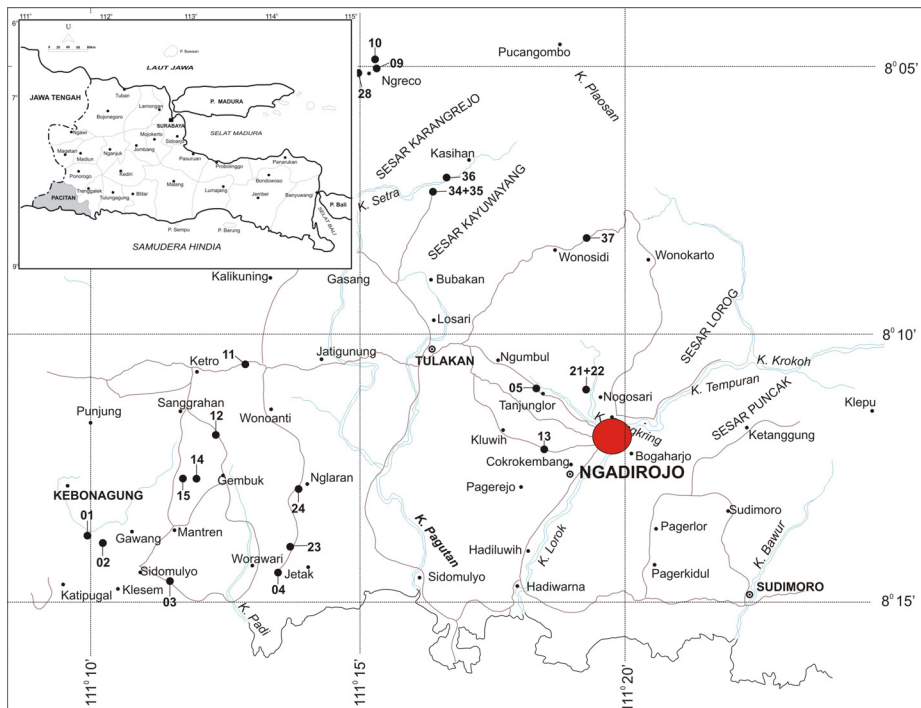
Sudarsono
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI
Kompleks LIPI, Jl. Sangkuriang Bandung 40135
Email : sudarsono@geotek.lipi.go.id

mengontrol ketersediaan cebakan mineralisasi di Pulau Jawa. Batuan terubah filik dan propilitik yang dicirikan oleh pembentukan muskovit merupakan fenomena umum di wilayah Kedung Grombyang, sementara itu tidak dijumpai di Gunung Pongkor. Fenomena ini selaras dengan data pengukuran mikrotermometri dimana Kedung Grombyang dipengaruhi oleh lingkungan dengan suhu pembentukkan urat yang lebih tinggi daripada Gunung Pongkor. Pengayaan supergen yang intensif di wilayah Gunung Pongkor memiliki korelasi yang baik dengan mineralisasi emas yang kaya. Kasus ini tidak terjadi di wilayah Kedung Grombyang. Tulisan ini akan mendiskusikan karakter alterasi dan mineralisasi polimetalik di wilayah Kedung Grombyang dengan endapan emas Gunung, dalam hubungannya dengan mineralisasi di Pegunungan Selatan Jawa, khususnya di segmen timur, berdasarkan metode petrografi, mineragrafi dan inklusi fluida.

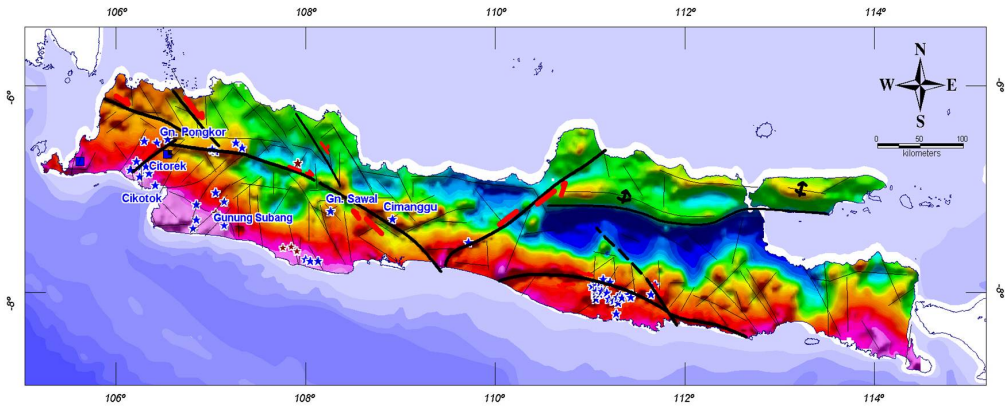
Kata kunci : Mineralisasi Polimetalik, Kedung Grombyang, Gunung Pongkor

PENDAHULUAN

Kedung Grombyang berlokasi di Desa Ceni, pada koordinat S 08° 11' 05,9" dan E 111° 11' 27,3", dan secara administratif daerah ini termasuk ke dalam Kecamatan Ngadirojo, Pacitan, Jawa Timur (Gambar 1). Wilayah Kedung Grombyang ini terletak pada jalur Pegunungan Selatan Jawa yang disusun oleh batuan-batuan vulkanik berumur Oligo-Miosen, yang dikenal sebagai Formasi Andesit Tua (Bemmelen, 1949). Menurut Bemmelen (1949), Formasi ini merupakan produk vulkanisme dari beberapa gunung api tua yang disusun oleh breksi andesit, tuf, tuf lapili, aglomerat dan sisipan aliran lava andesit. Batuan-batuan vulkanik ini mempunyai hubungan genetis yang memperlihatkan evolusi magmatik dari tholeitik ke kalk-alkali (Setiawan dkk., 2007). Kemunculan produk vulkanik yang mempunyai afinitas magmatik sangat berbeda dengan sebelumnya ini diperkirakan terjadi akibat adanya variasi perubahan sudut penunjaman di bawah jalur vulkanik Jawa (Priadi,1999).



Gambar 1. Lokasi Dusun Kedung Grombyang, Desa Ceni, yang berada di sebelah timur kota Pacitan (dengan lingkaran merah).



Gambar 2. Peta *relief-shaded gaya berat* regional Pulau Jawa yang menunjukkan distribusi keterdapatan endapan mineral pada kelurusan sesar utama (Ismayanto dkk., 2007).

Perubahan afinitas magmatik dari tholeitik ke kalk alkali ini ditunjukkan oleh terbentuknya batuan-batuan vulkanik berkomposisi andesitik sampai basaltik, yang membentuk batuan mulai dari jenis basalt, andesit, dasit, diorit, breksi tuf dan aglomerat.

Secara regional struktur yang mengontrol penyebaran keterdapatan mineralisasi di Pulau Jawa dapat teramati dengan baik dengan mengaplikasikan metode *relief shaded gravity*. Struktur tersebut membuat garis melengkung berarah barat-timur (Gambar 2). Termasuk di dalamnya wilayah Kedung Grombyang yang terletak pada jalur kelurusan Yogya - Bayat - Wonogiri - Pacitan. Pembahasan yang lebih detil mengenai metode ini telah diuraikan oleh Ismayanto dkk. (2007).

Terdapatnya indikasi mineralisasi di daerah Kedung Grombyang telah menambah jumlah lokasi keterdapatan mineralisasi yang telah dikumpulkan oleh Sukirno (1997), dimana terdapat paling tidak 52 lokasi potensi endapan mineral yang tersebar mulai dari segmen Jawa bagian barat-timur. Kegiatan eksplorasi terus dilakukan sampai sekarang di Pegunungan Selatan, baik oleh perusahaan pertambangan multinasional maupun perusahaan lokal, seperti di wilayah Gunung Gembes (Hartono, 2008), Gunung Tukung (Idrus dkk, 2009), Tirtomoyo (Idrus dkk 2009), Warak, Kreto, dan Djarum (Setiawan dan Ismayanto, 2009), namun sementara ini belum dapat ditemukan endapan

emas yang memiliki cadangan besar seperti Gunung Pongkor. Hal ini menjadi menarik karena menurut penerapan metode *relief shaded gravity* (Ismayanto dkk, 2007), wilayah Gunung Pongkor dan Kedung Grombyang - Pacitan secara regional dipengaruhi oleh kontrol sesar utama (*major*) yang berkembang di Pulau Jawa. Meskipun keduanya terdapat di dalam kontrol sesar utama, namun berbeda segmen.

Gunung Pongkor terletak pada segmen Bayah-Pelabuhan Ratu, Kedung Grombyang terletak pada segmen Bayat-Pacitan. Meskipun sama-sama terletak pada dua struktur sesar utama, pembentukan mineralisasi di wilayah Kedung Grombyang, ternyata tidak memiliki indikasi mineralisasi dengan cadangan besar seperti Gunung Pongkor. Berdasarkan fakta tersebut, maka tulisan ini dimaksudkan untuk mendiskusikan dan membahas bagaimana karakter dan genesa mineralisasi di wilayah ini, sehingga dapat menghasilkan produk atau mineralisasi yang berbeda.

METODOLOGI

Mineralisasi hidrotermal merupakan hasil dari serangkaian proses yang terbentuk akibat pemanasan air meteorik oleh *volatile matter* yang membawa mineral-mineral logam di dalamnya, pada kegiatan volkano-plutonik. Proses tersebut akan menghasilkan zona alterasi dan cebakan mineralisasi bijih yang akan terkonsentrasi di dalam suatu media struktur dan dipengaruhi pula

oleh karakter batuan sampingnya. Daerah Kedung Grombyang disusun oleh batuan-batuan vulkanik yang berpotensi untuk pembentukan mineralisasi hidrotermal. Di lapangan data yang terdiri dari kumpulan batuan vulkanik, urat-urat kuarsa dan struktur kekar yang terdapat di sekitar wilayah Kedung Grombyang, dikumpulkan secara acak atau *spot sampling*, dengan memperhatikan karakter mineralogi, seperti kehadiran mineral ubahan dan mineralisasi yang menyertainya. Untuk mengetahui karakteristik dan genesa di daerah Kedung Grombyang, maka dilakukan beberapa pendekatan seperti studi literatur, observasi dan pengumpulan data lapangan, mineralogy dan mikrotermometri. Analisis mineralogi dilakukan pada sampel-sampel terpilih, menggunakan beberapa metode seperti : 1) Petrografi, untuk mengidentifikasi jenis / tipe batuan, intensitas dan derajat batuan terubah, 2) Mineragrafi, dilakukan pada batuan termineralisasi untuk mengidentifikasi kandungan mineral-mineral logam baik jenis (kualitatif) maupun perkiraan persentase (semi kuantitatif), 3) Inklusi fluida (*Fluid inclusion*). Analisis ini dilakukan untuk mengetahui karakter inklusi fluida yang hadir dalam suatu sistem mineralisasi, yaitu dengan menentukan suhu homogenisasi dan salinitas ekuivalen NaCl. Analisis petrografi, mineragrafi dan inklusi fluida dilakukan menggunakan mikroskop polarisasi Nikon Eclipse 50 i Pol, di Laboratorium Fisika Mineral, Puslit Geoteknologi LIPI. Khusus untuk analisis inklusi fluida mikroskop tipe Optiphot 2, dilengkapi dengan *heating stage* Linkam THMS 600.

Variasi Batuan Vulkanik

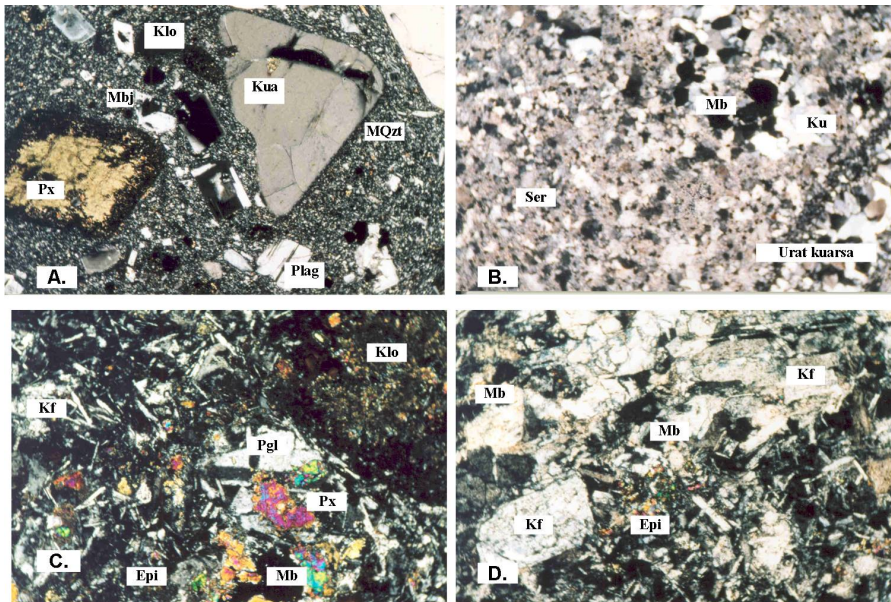
Wilayah Kedung Grombyang terletak di dalam zona Pegunungan Selatan Jawa bagian timur yang disusun oleh batuan vulkanik terubah, terdiri dari aliran lava andesit-basaltik, breksi, tuf, dan batuan terobosan berkomposisi dasit. Batuan-batuan tersebut dapat dibandingkan dengan batuan vulkanik Formasi Mandalika berumur Oligo-Miosen (Samodra, dkk., 1997), atau berumur 29-34 juta tahun (Subandrio, 2007).

Batuan dasit bertekstur porfiritik memiliki umur yang lebih muda dibandingkan dengan batuan andesit basaltik, andesit, dan tuf breksi. Di lapangan batuan dasit menerobos batuan andesit basaltik, andesit, dan tuf breksi dengan kedudukan relatif utara-selatan berarah U332°T/74° dan U3°T/90°. Kedudukan batuan terobosan tersebut relatif sejajar dengan kedudukan urat kuarsa utama di daerah ini, yaitu U(305-310)°T/90°.

Batuan-batuan yang diterobos tersebut, seluruhnya telah mengalami ubahan. Batuan andesit basaltik telah berubah ke dalam tipe propilitik dan silisifikasi memiliki retakan-retakan yang cukup intensif, berhubungan dengan keterdapatannya urat-urat halus kuarsa (*stockwork*) dan urat-urat halus pirit, kalkopirit dan sfalerit. Batuan tersebut berwarna abu-abu kehijauan, memiliki tekstur porfiritik, dan secara mineralogi dicirikan oleh pembentukan kumpulan mineral ubahan klorit, epidot, dan silika. Mineralisasi yang terbentuk di daerah ini tidak berhubungan dengan sistem urat, melainkan tersebar (*disseminated*) di dalam andesit-basaltik dan breksi vulkanik, yang dicirikan oleh pembentukan mineral logam sulfida pirit dan kalkopirit. Zona urat kuarsa yang ditemukan bertekstur masif, cukup tebal namun *barren* (Gambar 3).



Gambar 3. Singkapan batuan andesit basaltik terubah, berwarna abu-abu terang, memiliki titik-titik kuning yang merupakan mineral bijih sulfida dari jenis pirit dan kalkopirit yang tersebar *disseminated* di dalam batuan ubahan.



Gambar 4. Fotomikrografi (A) Batuan dasit yang bertekstur porfiritik, disusun oleh kuarsa, piroksen, mineral bijih yang tertanam di dalam mikrogranular kuarsa. (B) urat kuarsa, bertekstur mosaik, berhubungan dengan pembentukkan serisit dan mineral bijih. (C-D) Diabas alkali berubah, diabasik dan ophitik, disusun oleh k-felspar, piroksen, klorit, epidot, mineral bijih.

Tuf breksi berubah terdapat di atas batuan andesit-basaltik, memiliki warna abu-abu sampai putih kemerah-merahan, dicirikan oleh hadirnya kumpulan mineral ubahan limonit, jarosit, dan oksida mangan. Pada susunan batuan paling atas, terdapat breksi vulkanik, bertekstur klastik, terpilah buruk, kemas terbuka, disusun oleh komponen batuan tuf dan batuan beku andesit yang telah berubah. Pada sampel-sampel batuan yang telah dikumpulkan tersebut di atas, terpilih sebanyak 5 sampel untuk petrografi, 3 sampel untuk mineragrafi dan 3 sampel untuk analisis inklusi fluida.

Petrografi

Telah dipilih sebanyak 5 (lima) sampel batuan yang mewakili wilayah Kedung Grombyang. Sampel – sampel tersebut terdiri dari batuan vulkanik berubah dan urat kuarsa, dengan kode sampel 05/IM (5A, 5, 6, 18, 23). Secara petrografi seluruh sampel telah berubah akibat proses hidrotermal, dengan intensitas kehadiran mineral ubahan sedang sampai total berubah (menurut klasifikasi Morison, 1997). Setelah

mengalami ubahan, jenis batuan primernya menjadi agak sulit untuk diidentifikasi, namun beberapa masih dapat diamati memiliki kristal yang masih baik atau sedikit berubah atau jejak kristal primernya. Beberapa jenis batuan yang teridentifikasi menurut petrografi adalah 1) batuan diabas alkali yang dicirikan oleh hadirnya mineral k-felspar (jenis ortoklas), berbentuk kristal bagus (*euhedral*) telah digantikan oleh mineral ubahan serisit, 2) urat kuarsa, dan 3) piroksen dasit, yang berubah ke dalam tipe propilitik dan filik, yang dicirikan oleh kehadiran mineral ubahan klorit, kuarsa, karbonat, epidot, serisit dan mineral bijih (Gambar 4). Tiga sampel batuan menunjukkan kehadiran kumpulan mineral ubahan yang sama dan dapat diklasifikasikan ke dalam tipe ubahan filik (menurut klasifikasi Morrison, 1997, dan Leach, 1998). Kumpulan mineral ubahan tersebut terdiri dari serisit, pirit (+muskovit, +silika +mineral lempung, dan +kovelit). Ketiga sampel batuan tersebut adalah: 1) Batuan berubah (kode 05/IM/5A), berwarna coklat muda berbintik-bintik hitam, disusun oleh kuarsa bertekstur mosaik, berbentuk anhedral –

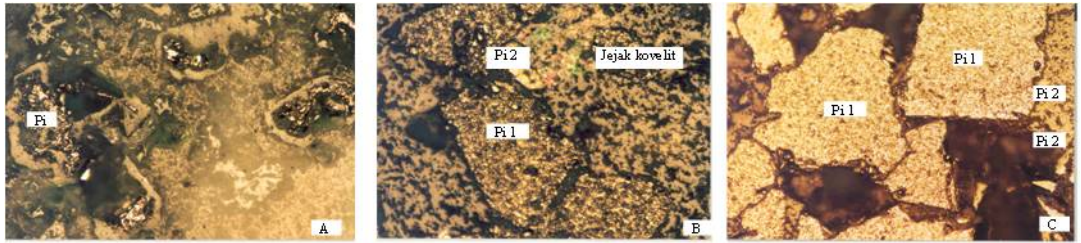
subhedral, berukuran (0,02 – 0,30) mm, berasosiasi dengan pembentukkan serisit yang berserabut halus berukuran (< 0,01 – 0,25) mm dan mineral bijih, berwarna hitam, berbentuk anhedral – subhedral, berukuran (0,01– 0,50) mm (Gambar 4a).

2) Batuan terubah (kode 05/IM/23), memiliki komposisi mineral ubahan yang sedikit berbeda dengan 05/IM/5A (Gambar 4b). Batuan ini dicirikan pula oleh kehadiran mineral ubahan muskovit, dan silika. Silika hadir membentuk urat-urat halus saling berpotongan satu sama lain, *pinchout*, *interlocking*, dan memiliki rongga-rongga halus. Beberapa urat-urat halus nampak berhubungan dengan kehadiran mineral bijih berbentuk anhedral-subhedral, berwarna hitam, isotrop, berukuran (0,015-0,05)mm. 2). Porfiri dasit, (kode 05/IM/18), tidak berwarna sampai abu kecoklatan, bertekstur porfiritik, disusun oleh fenokris plagioklas, kuarsa, hornblende, mineral bijih, dan kumpulan mineral ubahan seperti silika, serisit, pirit, dan mineral lempung, yang tertanam dalam masadasar mikrolit plagioklas mikrogranular kuarsa dan gelas (Gambar 4e). Dua buah sampel jenis diabas alkali (kode 05/IM/5-6), telah terubah ke dalam tipe ubahan propilitik, menurut klasifikasi Morrison (1997), dan Leach (1998). Tipe ini dicirikan oleh hadirnya kumpulan mineral ubahan epidot, klorit, kuarsa, albit / ortoklas dan pirit. Batuan diabas alkali tersebut berwarna abu-abu kehijau-hijauan, bertekstur intergranular, intersertal, dan subofitik, disusun oleh k-felspar, berbentuk batang-batang dan plat-plat berukuran antara (0,05– 1,25) mm, tersebar tidak beraturan, berasosiasi dengan pembentukkan klorit pada ruang diantara kristal (intersertal), sebagian K-felspar nampak tertanam separuhnya di dalam klorit (subofitik/diabasik). k- felspar terdiri atas ortoklas, dan albit yang sebagiannya terubah membentuk kumpulan mineral ubahan epidot, klorit, kuarsa, albit / ortoklas dan mineral bijih sulfida / pirit berwarna hitam, dengan ukuran < 0,05 mm (Gambar 4c). Diabas alkali pada conto lainnya memperlihatkan warna hijau sampai kuning berbintik hitam, bertekstur porfiritik dan glomeroporfiritik, intergranular, subofitik dan amigdaloidal. Batuan disusun oleh k- felspar berbentuk batang dan pelat berukuran antara

(0,05 – 1,50) mm, tersebar tidak beraturan dengan ruang diantaranya terisi klorit dan epidot (intersertal) yang diduga menggantikan piroksen (intergranular), sebagian k-felspar tampak menembus (tertanam) di dalam klorit (jejak tekstur subofitik – diabasik). Felspar terdiri dari oligoklas, albit, ortoklas, sebagian dari padanya (terutama oligoklas) terubah / teralterasi menjadi epidot, klorit, kuarsa, k- felspar (albit, ortoklas) sekunder, dan pirit. Kumpulan mineral ubahan tersebut sering tampak berkelompok (menandai jejak tekstur glomeroporfiritik), dan mengisi rongga pada batuan (amigdaloid / miarolitik). Mineral bijih sulfida sekunder (pirit) berwarna hitam, berukuran < 0,05 mm, berkelompok/berasosiasi dengan kehadiran epidot dan klorit (Gambar 4d).

Mineragrafi

Pengamatan mineragrafi dilakukan pada dua sampel terpilih, yaitu batuan yang telah terubah (05/IM/05), dan urat kursa (05/IM/23). Identifikasi mineral bijih menggunakan klasifikasi Uytendogaardt dan Burke (1971). Pembentukkan mineralisasi di wilayah Kedung Grombyang terjadi paling tidak oleh dua kali periode mineralisasi yang terbentuk secara primer, dan satu kali periode yang membentuk mineralisasi sekunder. Proses pertama diawali oleh pembentukkan pirit dan kalkopirit, dan pengkayaan tembaga yang dicirikan oleh pembentukkan kovelit. Proses kedua adalah mineralisasi pirit 2 yang menggantikan (*replacement*) pirit 1. Fenomena penggantian ini ditunjukkan oleh dua sampel yang dianalisis (Gambar 5). Pada batuan terubah (05/IM/05), mineral bijih tersebar tidak merata, dan hadir sangat sedikit (<1%). Mineral bijih hanya disusun oleh pirit, berwarna kuning kusam, berbentuk anhedral dengan permukaan yang kasar/kotor, *cavity filling* dan berukuran 0,01 – 0,05 mm. Selain itu terdapat tekstur penggantian (*replacement*) dari mineral pirit menjadi kovelit. Kovelit pada sampel ini teramati berupa jejak-jejak kovelit. Mineral kovelit tersebut dapat diamati dengan jelas secara mikroskopis, namun menjadi tidak jelas pada tampilan gambar fotomikrografi (Gambar 5).



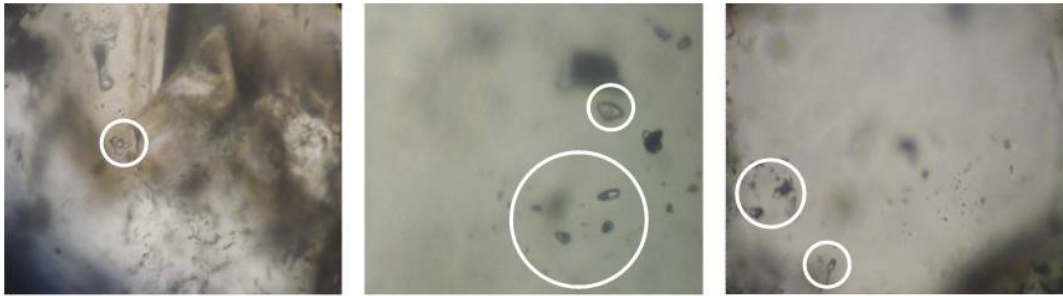
Gambar 5. Fotomikrografi IM-05A (a-b) Pirit memperlihatkan tekstur colloform dan mengisi rongga, terdapat pula jejak kovelit, dan (c). 05/IM/23 memperlihatkan hubungan pirit 1 yang berubah menjadi pirit 2.

Berbeda dengan pembentukan mineral bijih pada batuan sampingnya. Pada bagian sampel urat kuarsa (05/IM/23), mineralisasi dicirikan oleh kehadiran dua jenis pirit, terdiri dari pirit 1 dan pirit 2. Pirit 1, terbentuk relatif lebih awal daripada pirit 2, karena secara mikroskopis pirit 2 telah menggantikan pirit 1. Pirit 1 berwarna kuning kusam, berbentuk anhedral - subhedral, *colloform*, berukuran 0,02 – 0,4 mm, memperlihatkan tekstur *replacement* akibat proses oksidasi, *cavity filling*, permukaan kotor, tersebar tidak merata baik sebagai individu kristal/ butir maupun sebagai urat terputus. Kemudian pirit 2 memiliki permukaan bersih dan tersebar tidak merata, berwarna kuning terang, berbentuk anhedral, *colloform*, dan berukuran 0,01 – 0,03 mm (Gambar 5). Kedua sampel menunjukkan pembentukan pirit yang relatif sama, yaitu Pirit 1 terbentuk lebih awal yang mengisi rongga batuan. Berikutnya pengendapan pirit 2 yang sebagian menggantikan pirit 1. Pada dua sampel terpilih kalkopirit tidak ditemukan diduga karena pemolesan tidak tepat berada pada bagian batuan yang terdapat kalkopirit. Namun ditemukannya jejak kovelit, kemungkinan telah menggantikan kalkopirit (Gambar 5).

Pengukuran Mikrotermometri Inklusi Fluida

Pada bagian batuan samping dan urat kuarsa terpilih yang berhubungan dengan pembentukan mineral bijih sulfida seperti pirit dan kalkopirit, dipilih bagian-bagian kuarsanya untuk dilakukan pengukuran dan analisis mikrotermometri inklusi fluida. Sampel kuarsa terdiri dari sampel 05/IM/5A, 05/IM/05, dan 05/IM/23, terdapat memotong batuan andesit terubah dan

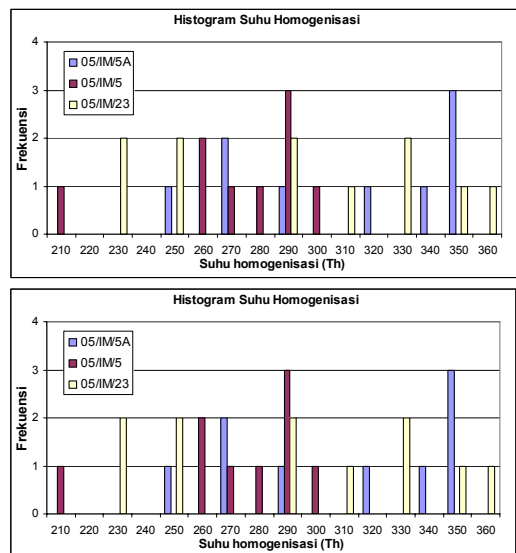
berhubungan dengan kehadiran mineral-mineral bijih sulfida. Kuarsa tersebut memiliki tekstur urat yang relatif sama, transparan, *masif*, dan *cockade*. Pengamatan dan pengukuran mikrotermometri pada sampel 05/IM/5A, dan 05/IM/05, memiliki karakter inklusi yang relatif sama, meskipun data pengukurannya relatif berbeda. Kedua sampel memiliki inklusi yang terdapat di dalam mineral induk kuarsa, didominasi oleh inklusi fluida tipe monofase yang kaya air, dan diikuti oleh inklusi fluida bifase yang terdiri dari air dan uap. Inklusi fluida pada kedua sampel terbentuk secara primer di dalam zona pertumbuhan kristal dan terisolasi, dan inklusi fluida yang terbentuk secara sekunder, yang terdapat pada zona retakan mikro. Data pengukuran mikrotermometri IM 5A memiliki modulus suhu homogenisasi (270 dan 350)°C dengan modulus salinitas (2,9) % berat NaCl ekuivalen. Sedangkan pada sampel 05/IM/05 yang memperlihatkan struktur *cockade*, data hasil pengukuran mikrotermometri sampel ini memiliki modulus suhu homogenisasi berkisar (254-255)°C dengan salinitas (0,1)% berat NaCl (Gambar 6). Kedua sampel 05/IM/5A, dan 05/IM/05, diambil pada lokasi yang relatif berdekatan, namun menunjukkan data modulus pengukuran yang relatif berbeda dan pada elevasi yang berbeda 30 meter. Sampel kode IM/5 berasal dari ketinggian 490m dpl, sedangkan IM/5A berasal dari ketinggian 460 m dpl. Terdapatnya perbedaan modulus suhu homogenisasi, dan salinitas kedua sampel yang berdekatan tersebut menunjukkan terdapatnya atau telah terjadi paling tidak dua kali periode proses hidrotermal yang berbeda.



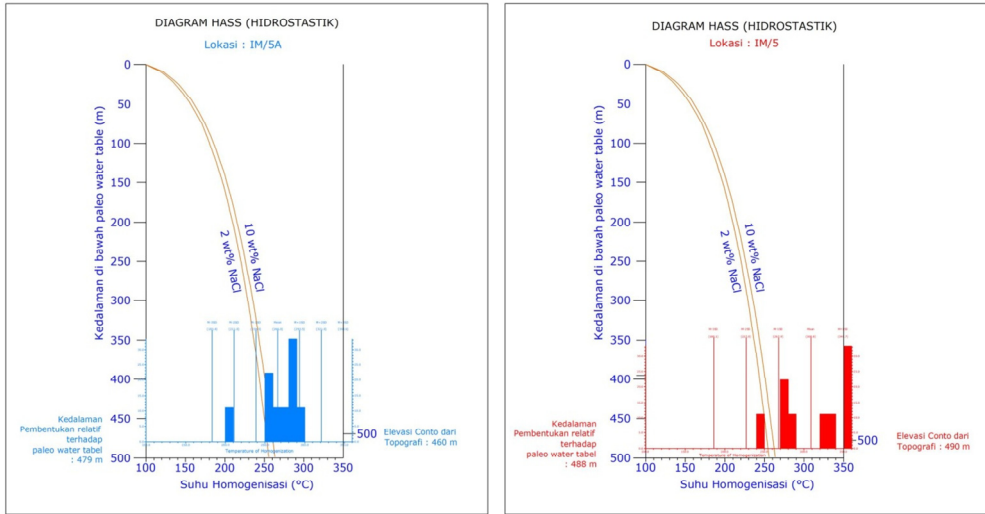
Gambar 6. Fotomikrografi inklusi fluida conto Kedung Grombyang, memperlihatkan pembentukan inklusi fluida primer, yang tumbuh pada zona pertumbuhan, sebagian berkelompok dan terisolasi (inklusi fluida terdapat pada lingkaran putih).

Hampir sama dengan karakter keterdapatannya pada kedua sampel sebelumnya, pada sampel 05/IM/23fi, inklusi fluida terdapat di dalam mineral induk kuarsa transparan yang mengandung noktah-noktah mineral bijih, terbentuk secara primer dan sekunder, berbentuk kristal negatif. Inklusi fluida sekunder terbentuk lebih dominan dan memiliki ukuran sangat halus, lebih halus daripada inklusi fluida primer. Inklusi fluida primer terdapat pada zona pertumbuhan kuarsa, tersendiri, disusun oleh dua komponen, larutan (*liquid*) dan uap (*vapour*). Data pengukuran mikrotermetri menunjukkan modulus suhu homogenisasi berkisar (322-323)°C dengan salinitas (0,1)% berat NaCl (Gambar 6). Berdasarkan data pengukuran mikrotermometri inklusi fluida ketiga sampel memiliki suhu pencairan es yang rendah berkisar antara (-0,1-1,6)°C, dengan modulus pada -0,1°C. (Gambar 7).

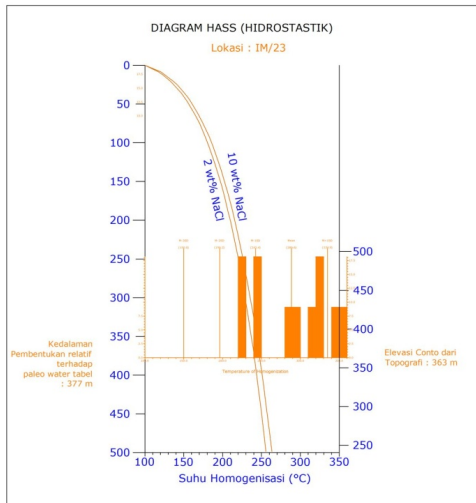
Berdasarkan pengukuran mikrotermometri inklusi fluida, seluruh sampel berasal dari lingkungan hidrotermal yang kaya air dan memiliki salinitas yang rendah, namun pada wilayah Kedung Grombyang tidak dijumpai indikasi boiling. Inklusi fluida didominasi oleh inklusi fluida monofase kaya air. Inklusi fluida bifase (air dan uap) umumnya berukuran sangat halus dan jarang dijumpai. Beberapa inklusi fluida primer, dijumpai terbentuk secara primer, pada zona pertumbuhan kristal induk, dan terisolasi, berbentuk kristal negatif sampai membulat.



Gambar 7. Histogram distribusi penyebaran suhu pencairan es (Tm) dan suhu homogenisasi (Th) daerah Kedung Grombyang, yang memperlihatkan lingkungan transisi dari epitermal-mesothermal.



Gambar 8. Pengeplotan pada diagram Haas, sampel IM 5 dan 5A, untuk kedalaman pembentukkan urat, menunjukkan kedalaman pembentukkan IM 5 yang relatif lebih dalam daripada IM 5A.



Gambar 9. Pengeplotan pada diagram Haas, sampel IM 23, untuk kedalaman pembentukkan urat, menunjukkan kedalaman pembentukkan pada kedalaman 377m dari permukaan air purba.

Pengeplotan kedalam pembentukkan inklusi fluida menurut kurva hidrostatik (Haas, 1971), yang menganggap lingkungan pengendapannya pada kondisi hidrostatik, maka seluruh sampel IM 23 yang berasal dari level 363 m dpl, telah mengalami pengenceran dibandingkan dengan IM 5A yang terdapat pada level 460 m dpl,

namun memiliki salinitas yang lebih tinggi. Sedangkan sampel IM 5 relatif normal. Hasil pengeplotan pada diagram Haas tersebut, menunjukkan IM 23 terbentuk pada kedalaman 377 m, sedangkan IM 5, terbentuk pada kedalaman 479. Dapat dikatakan bahwa meskipun data diambil dari elevasi yang lebih tinggi, namun kedalam pembentukkan belum tentu selaras. Fenomena ini dapat terjadi karena pengaruh struktur atau tingkat erosi yang berbeda.

DISKUSI

Wilayah Kedung Grombyang dan Gunung Pongkor secara geografi terletak pada lajur selatan pulau Jawa, namun secara fisiografi, kedua wilayah ini terletak pada lingkungan tektonik yang berbeda. Gunung Pongkor terletak pada bagian timurlaut sayap Zona Pegunungan Bayah (Bemmelen, 1949, Basuki dkk., 1992, Milesi, dkk., 1999), sedangkan Kedung Grombyang terletak di Pegunungan Selatan Jawa (Bemmelen, 1949). Pada posisi fisiografi yang berbeda, maka kedua wilayah tercermin oleh asosiasi batuan penyusun yang berbeda. Gunung Pongkor disusun oleh batuan samping (*host rock*) vulkanik Tersier (Miosen-Pliosen) yang terdiri dari tuf breksi, tuf lapili dan lava andesit, yang tertutupi oleh breksi vulkanik berumur kuartar

(Basuki, dkk., 1994). Pernah dilaporkan sebuah fenomena yang menarik, yaitu dengan didapatkannya fosil foraminifera pada batuan tuf breksi ini, yang telah mengindikasikan lingkungan pengendapan laut. Berdasarkan umurnya, batuan ini dapat dibandingkan dengan Formasi Bojongmanik yang berumur Miosen Akhir. Sementara di Kedung Grombyang, mineralisasi terdapat pada batuan samping (*host rock*) tuf breksi, lava andesit-basaltis dan dasit. Batuan sedimen dapat dijumpai di sekitar Arjosari, berupa konglomerat dan batupasir yang disusun oleh fragmen batuan vulkanik dan batugamping (Setiawan, 2007). Batuan-batuan dengan komposisi seperti ini, di daerah Pacitan, memiliki umur (berdasarkan *K-Ar dating* dan *fission track*) berumur 29-34 juta tahun, untuk batuan dasit, lelehan basalt, dan breksi vulkanik (Samodra, 1992) yang setara dengan Formasi Mandalika; kelompok umur batuan berkisar antara 12-17 juta tahun, didominasi oleh jenis andesit dan basalt. Batuan vulkanik yang tidak dijumpai di Gunung Pongkor adalah dasit yang memperlihatkan tekstur porfiritik, dijumpai menerobos batuan andesit basaltik dan breksi, dengan kedudukan hampir utara – selatan. Batuan dasit ini memiliki umur yang dapat disetarakan dengan batuan berumur Oligo-Miosen. Kemudian di bagian lainnya, andesit basaltik berwarna abu-abu kehijauan, telah berubah, yang juga bertekstur porfiritik, nampak telah diterobos oleh urat kuarsa pada beberapa tempat. Urat kuarsa tersebut memperlihatkan tekstur masif, *barren* dan cukup tebal. Ubahan dicirikan oleh hadirnya mineral ubahan yang didominasi oleh klorit dan silika. Urat-urat kuarsa bertekstur *stockwork* dijumpai saling berpotongan di dalam batuan andesit-basaltik berubah, berasosiasi dengan pembentukan mineral ubahan klorit, epidot dan silika serta mineral bijih sulfida berupa pirit, sfalerit dan kalkopirit. Breksi vulkanik, bertekstur klastik, pemilahan buruk, kemas terbuka, disusun oleh komponen batuan tuf dan batuan beku andesit berubah. Kemudian pada lokasi lainnya batuan andesit telah berubah berwarna abu-abu sampai kehijau-hijauan, memiliki retakan-retakan yang cukup intensif, mengalami silifikasi yang kuat, dan berasosiasi dengan urat-urat halus kuarsa, dan urat-urat halus

pirit dan kalkopirit . Singkapan tuf breksi berubah, berwarna abu-abu sampai putih kemerah-merahan, dicirikan oleh hadirnya kumpulan mineral ubahan limonit, jarosit, dan pelapukan berupa oksida mangan. Di wilayah Gunung Pongkor batuan lebih didominasi oleh tuf breksi. Sedangkan di wilayah Kedung Grombyang didominasi oleh batuan aliran lava andesit-basalt dan dasit, dan sedikit tuf breksi. Yang paling berbeda dari kedua wilayah ini adalah keterdapatannya batuan diabas alkali, dengan tekstur *ophitic* dan *intersertal* yang khas di wilayah Kedung Grombyang dan tidak pernah dijumpai di wilayah Gunung Pongkor. Perbedaan asosiasi batuan di kedua wilayah penelitian ini dapat mengindikasikan kemungkinan terdapatnya sumber batuan magmatik yang berbeda antara Gunung Pongkor dan Kedung Grombyang. Sumber magma di wilayah Gunung Pongkor kaya akan emas sedangkan Kedung Grombyang tidak. Perbedaan sumber magma ini kemungkinan besar telah mengakibatkan tidak terbentuknya cebakan emas yang besar di Kedung Grombyang. Berbeda dengan aspek kondisi tektonik, formasi, komposisi dan umur batuan samping (*host rock*) yang berbeda, terdapat kemiripan fenomena struktur geologi dan zona alterasi yang dijumpai di lapangan (Tabel 1). Urat-urat kuarsa termineralisasi yang berkembang di kedua wilayah ini memiliki arah yang relatif sama, yaitu Gunung Pongkor berarah baratlaut-tenggara (U330°T), sedangkan Kedung Grombyang U332°T dan U3°T/90°. Meskipun memiliki arah urat yang relatif sama, genetik kedua urat tersebut belum tentu memiliki hubungan genetik yang sama, yaitu sebagai struktur yang berpasangan atau struktur ikutannya, karena kelurusan struktur segmen Jawa bagian Barat dan timur nampak pecah di bagian Jawa bagian tengah. Perbedaan yang muncul terdapat pada tekstur uratnya, yaitu Gunung Pongkor adalah sistem urat (*vein systems*) bertekstur *vuggy, bedding, crustiform, botroidal* dan *cockade* dijumpai telah mengalami pelapukan, peretakan lanjut dan berongga-rongga akibat pelarutan oleh air tanah. Sementara di wilayah Kedung Grombyang, urat yang dijumpai lebih bertekstur *stockwork* dan penyebaran mineral bijih *disseminated*.

Tabel 1. Perbandingan karakteristik mineralisasi Gunung Pongkor dan Kedung Grombyang

Aspek Geologi dan Mineralisasi	Gunung Pongkor (Setiawan 2001, Syafrijal 2005)	Kedung Grombyang
	Kubah Bayah	Peg. Selatan Jawa, OAF (Old Andesite Formation),
Formasi	Fm. Bojongmanik	Fm. Mandalika
Umur host	Miosen-Pliosen	Oligo-Miosen 29-34 juta tahun (Bemmelen 1949, Samudra 1992, Subandrio 2007), 12-17 juta tahun (Subandrio, 2007)
Batuan induk	Breksi vulkanik, tuf lapili, lava andesit-basalt, Rhyolit, batulanau (?)	Porfiri dasit, diabas (alkali), andesit-basalt, andesit, tuf dan breksi
Struktur	<i>Pull apart basin</i> , sesar U-S	Sesar B-Tg, urat U-S (?)
Zona alterasi	Propilitik, argilik (paling luas pada daerah termineralisasi)	Propilitik, silisifikasi dan Filik

Pengamatan laboratorium

Seperti telah diuraikan di atas, bahwa wilayah Kedung Grombyang dan Gunung Pongkor disusun oleh kumpulan batuan-batuan vulkanik yang berbeda, namun memiliki kenampakan zona alterasi dan asosiasi mineral logam yang sama. Melalui pengamatan di laboratorium secara petrografi, mineragrafi dan mikrotermetri inklusi fluida, karakter ubahan dan mineralisasi di kedua wilayah ini terdapat beberapa perbedaan (Tabel 2). Zona argilik yang tidak ditemukan di Kedung Grombyang, di Gunung Pongkor justru membentuk zona yang cukup luas. Sebaliknya dengan pembentukannya zona filik, yang dicirikan oleh kuarsa, serisit dan pirit, tidak terbentuk di Gunung Pongkor, meskipun penyebarannya hanya terbatas. Zona propilitik di Gunung Pongkor pun berbeda dengan Kedung Grombyang; Karbonat yang dijumpai di Gunung Pongkor tidak terbentuk di wilayah Kedung Grombyang. Mineral muskovit yang dapat dijumpai di daerah Kedung Grombyang pada zona ubahan propilitik, untuk daerah Gunung Pongkor, tidak pernah dilaporkan terdapat muskovit. Dari perbedaan komposisi kumpulan mineral ubahan ini bisa ditafsirkan bahwa kedua wilayah ini dipengaruhi oleh karakter fluida yang

berbeda. Untuk Kedung Grombyang fluida dipengaruhi oleh larutan yang memiliki pH netral, sedangkan daerah Gunung Pongkor lebih asam, pH rendah. Mineralisasi yang terbentuk pada sistem Gunung Pongkor disusun oleh logam polimetalik, yang terdiri dari pirit, kalkopirit, sfalerit, galena, gutit, lepidokrosit, mangan dan elektrum. Sedangkan di wilayah Kedung Grombyang hanya disusun oleh pirit dan kalkopirit (+kovelit). Kehadiran asosiasi mineral logam ini mencirikan bahwa di Gunung Pongkor, proses pengayaan (*supergen*) mengambil peran yang penting terhadap pengendapan emas, karena di wilayah Kedung Grombyang, pengayaan tidak terjadi cukup kuat seperti Gunung Pongkor. Zona alterasi yang terbentuk, wilayah Gunung Pongkor, terdiri dari propilitik, argilik dan tersilisifikasi. Alterasi yang terbentuk tersebar luas di sekitar Gunung Pongkor dipengaruhi oleh larutan hidrotermal asam sampai dekat netral, disusun oleh ubahan propilitik (klorit, epidot, kuarsa dan karbonat), argilik (illit, smektit), dan silisifikasi yang berkembang baik di sekitar urat-urat dan di Puncak Gunung Pongkor. Di Kedung Grombyang alterasi yang berkembang adalah tipe propilitik (klorit, epidot, kuarsa) dan filik (serisit, kuarsa dan pirit).

Tabel 2. Perbandingan karakteristik mineralisasi Gunung Pongkor dan Kedung Grombyang

Parameter Geologi dan Mineralisasi	Gunung Pongkor (Setiawan 2001, Syafrijal 2005)	Kedung Grombyang
Mineralogi ubahan	Klorit, karbonat, silica, illite/smektit, kaolinit	klorit, epidot dan silika; pirit, sfalerit dan kalkopirit; ku,ser, pi (kov)
Mineral bijih	Pirit,kalkopirit, sfalerit, galena, gutit, (bornit), lepidokrosit, mangan,elektrum acantihite, emas	pirit, kalkopirit, sfalerit dan emas, Pengayaan atau penggantian pirit 2 oleh pirit 2
Tingkat alterasi	Sedang-total berubah	sedang - total berubah
Inklusi fluida	170-230C	200-290>350
Tipe/karakteristik	Epitermal Au-Ag-Mn vein types, Supergen enrichment	epitermal mesotermal, vein and stockwork, disseminated pyrite and chalcopyrite
Umur Mineralisasi	2.05+0.05 (40Ar/39Ar)	?
pH fluids	Asam sampai mendekati netral	netral, menengah sampai asam
Tekstur urat	Banded and massive, terdapat isian potasium felspar I/Sm	Massiv

Pada wilayah Kedung Grombyang, pengayaan hanya dicirikan oleh pembentukan Cu sekunder (kovelit). Mineralisasi di Kedung Grombyang didominasi oleh pirit dan kalkopirit yang bertekstur *disseminated* pada breksi dan aliran lava andesit-basaltik. Sedangkan di Gunung Pongkor, selain mineralisasi yang terbentuk secara primer, terjadi pula pengayaan sekunder Au dan Mn. Indikasi pengayaan Cu juga dapat diamati di Gunung Pongkor, melalui pembentukan bornit (Syafrijal, 2005). Ini paling tidak telah mengkonfirmasi atau telah menunjukkan bahwa lingkungan Kedung Grombyang berdasarkan kehadiran muskovit mengindikasikan telah berada pada lingkungan yang memiliki suhu pembentukan yang lebih tinggi atau paling tidak diatas 270°C, dibandingkan dengan Gunung Pongkor pada suhu sekitar 200°C (Morrison, 1997). Berdasarkan pengukuran mikrotermometri, daerah Gunung Pongkor memiliki suhu homogenisasi (170-230)°C (Syafrijal, 2005). Berbeda dengan wilayah Kedung Grombyang yang memiliki suhu homogenisasi 200-290°,

>350° (Gambar 7). Data pengukuran tersebut di atas menunjukkan bahwa Gunung Pongkor berada relatif lebih atas secara elevasi dibandingkan dengan Kedung Grombyang. Dengan demikian terdapat kemungkinan bahwa mineralisasi yang kaya di elevasi yang sama seperti Gunung Pongkor, di wilayah Kedung Grombyang telah mengalami erosi.

REKOMENDASI UNTUK KEGIATAN EKSPLORASI

Pembentukan mineralisasi diduga berhubungan dengan hadirnya intrusi dasit sebagai batuan yang dianggap pembawa mineralisasi di daerah ini. Penyebaran endapan logam terutama pada batuan terubah tipe propilitik, dan pada urat-urat berara relatif U-S dan TL-BD. Namun demikian Potensi cebakan mineralisasi di wilayah Kedung Grombyang tidak berhubungan dengan sistem urat, melainkan *disseminated* pada batuan sampling (*host rock*), khususnya breksi vulkanik dan aliran andesit yang terubah ke dalam tipe propilitik.

Mineralisasi emas di wilayah Kedung Grombyang kemungkinan telah mengalami erosi, dan dapat diendapkan pada batuan-batuan sedimen atau epiklastik yang berasal dari batuan-batuan wilayah Kedung Grombyang. Untuk mendapatkan endapan emas sekunder tersebut perlu dipetakan atau dilakukan pencontohan emas pada endapan-endapan sungai aktif di wilayah Kedung Grombyang dan sekitarnya. Selain itu untuk mendapatkan data permukaan yang lebih detail perlu dilakukan pemetaan lanjut yang dilengkapi dengan pencontohan dan analisis yang lebih lengkap. Setelah dilakukan pemetaan dan analisis geologi geokimia yang lebih lengkap dan detail, maka eksplorasi perlu diikuti oleh survey geofisika seperti IP untuk mendapatkan data bawah permukaannya.

KESIMPULAN

Mineralisasi hidrotermal di daerah Kedung Grombyang disusun oleh asosiasi batuan yang berbeda. Meski kedua-duanya terdapat di dalam struktur utama di Pulau Jawa, dan memiliki arah urat yang relatif sama yaitu berarah utara-selatan, namun keduanya tidak memiliki potensi mineralisasi yang sama. Ini menunjukkan bahwa hadirnya asosiasi batuan yang berbeda di Kedung Grombyang dan Gunung Pongkor telah mencerminkan karakter sumber magma yang berbeda yang dicerminkan variasi komposisi mineralogi batuan penyusun wilayah tersebut. Di wilayah Gunung Pongkor magma asalnya memiliki kandungan logam yang kaya sedangkan Kedung Grombyang tidak. Kehadiran alterasi filik membedakan Kedung Grombyang dengan Gunung Pongkor yang hanya disusun oleh alterasi propilitik dan argilik yang dominan. Selain sumber magma yang berbeda, proses pengayaan sekunder akibat pelapukan di wilayah Gunung Pongkor telah memperkaya cebakan emas di permukaan sampai di kedalaman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Kelompok Penelitian Mineralisasi Hidrotermal: Dr. Iskandar Zulkarnain yang telah memberikan banyak koreksi dan masukan untuk memperbaiki makalah ini, Ahmad Fauzi Ismayanto MT., dan Ir. Sri Indarto, yang telah memberikan masukan

dan diskusi yang berharga. Teman-teman GeoLabs Pusat Survey Geologi yang ikut membantu mengumpulkan dan menyiapkan sampel untuk dianalisis. Terima kasih Kepada Dewan Redaksi yang telah memberikan kesempatan penulis, menerbitkan makalah ini, dan semua pihak yang telah membantu hingga tulisan ini dapat selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Basuki A. Sumanagara, D.A., Sinambela D., 1994, The Gunung Pongkor gold-silver deposits, West java, Indonesia.
- Bemmelen, R. W. van, 1949. The Geology of Indonesia, Vol. IA, General Geology, Martinus Nijhoff, The Hague, Netherlands.
- Haas, J. L. (1971) The effect of salinity on the maximum thermal gradient of a hydrothermal system at hydrostatic pressure. *Econ. Geol.*, 66, 940-946.
- Hartono, 2008, Resume Hasil Kegiatan Eksplorasi Emas, dan Mineral Penyerta Daerah Gn. Gembes Dsk., Kabupaten Pacitan Provinsi Jawa Timur, Overview Mineralisasi Bijih Tipe Hidrotermal Di Pegunungan Selatan: Fokus daerah Pacitan, Wonogiri dan Ponorogo, Kumpulan makalah, Pertemuan Teknis Potensi Endapan Mineral Logam, Daerah Kabupaten Pacitan, Pacitan 12-13 Maret 2008
- Idrus A., Hartono, Setiawan I., Warmada I W., Yudha, R. K. 2009, Keberadaan dan Karakteristik Endapan Urat Kuarsa Epitermal di Gunung Tukung, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur: *Implikasi pada Eksplorasi Emas di Pegunungan Selatan*, International Conference Earth Science And Technology Yogyakarta 6-7 August.
- Ismayanto, A.H., Sumantri, T.A.F., Setiawan I., Sudarsono, Mariana M., 2007. *Interpretasi Struktur dari Peta Relief-Shaded Anomali Bougeur Regional kaitannya dengan lokasi keterdapatan mineralisasi di Pulau Jawa*, Seminar Geoteknologi, LIPI.

- Milesi, J.P. marcoux, E. Sitorus, T. Simandjuntak, M., Leroy, J. And Baily, L. (1999), Pongkor (West Java) : A Ploocene supergene enriched epithermal Au-Ag-(Mn) deposit. *Mineral Deposit*, 34, 131-149.
- Morrison, K., 1997, Important Hydrothermal Minerals and their Significance, Geothermal and Mineral Service Division Kingston Morrison Limited, Seventh Edition,.
- Priadi, B., 1999, Piroklastika dan batuan magmatik Neogen di Sekitar Pacitan, Jawa Timur, Research Report from JBPTITBPP/ 2000-12-05;;00, Library@itb.ac.id.
- Samodra, H., Gafoer, S. dan Tjokrosapoetro, S., 1992. Geologi Lembar Pacitan, Jawa, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Setiawan, I., Sumantri T.A.F., Priadi B., Sukarna D, 2007, Mineralisasi Cu, Mo, Au dan Logam Dasar di Kali Grindulu, Daerah Tegalombo, Pacitan, Jawa Timur, Proceedings Joint Convention Bali, The 32nd HAGI, The 36th IAGI And IATMI, Annual Convention And Exhibition.
- Subandrio, J., 2007, Petrogenesis Batuan Vulkanik Berdasarkan Geokimia dan Mineralogi, di Daerah Pacitan dan sekitarnya, Tesis Magister, Program Pascasarjana Geologi Universitas Padjadjaran, Tidak dipublikasi.
- Sukirno D., 1997. *Prospective of Base Metal Minerals in Indonesia*, Directorate of Mineral Resources.
- Syafrizal, Akira Imai, Yoshinobu Motomura, dan Watanabe K., 2005, *Characteristics of Gold Mineralization at the Ciurug vein, Pongkor Gold Silver Deposit*, West Java Indonesia, *Resource Geology*, vol. 55, no. 3, 225-238.
- Uytenbogaardt, and Burke, E.A.J., 1971, *Tables for Microscopic Identification of Ore Minerals*, Second Revised Edition, Elsevier Scientific Publishing Company.