

GENESA DAN KELIMPAHAN MINERAL LOGAM EMAS, DAN ASOSIASINYA BERDASARKAN ANALISIS PETROGRAFI, DAN *ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETRY* (AAS), DI DAERAH SANGON, KABUPATEN KULONPROGO, PROPINSI DIY

Dwi Indah Purnamawati, Stiwinder Renata Tapilatu
Jurusan Teknik Geologi,
Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
Email: wiwiek-akprind@yahoo.co.id
reynz_gemc99@yahoo.co.id

ABSTRACT

The purpose of this paper is to investigate how the formation of metallic minerals and the abundance of gold (Au) and their associations, petrographic analysis and analysis of the Atomic Absorption spectrophotometry (AAS).

Writing method used is to combine field data, and results of laboratory analysis and secondary data.

Petrographic analyzes conducted to determine the genesis/formation of minerals of gold and associated metals. Based on the results of petrographic analysis, indicate that gold mineralization and its association contained in Sangon area, Kulonprogo, Yogyakarta, resulting in propylitic-type alteration. And based on the analysis of Atomic Absorption spectrophotometry (AAS), shows that the content/Au metallic mineral levels contain/ lowest levels compared to other metal mineral associations. Au content of only 1.274 ppm or 0.0001274%.

Key words: genesis, the abundance of gold (Au) and their associations, petrographic analysis and analysis of the Atomic Absorption spectrophotometry (AAS).

INTISARI

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui cara terbentuknya serta kelimpahan mineral logam emas (Au) dan asosiasinya, dari analisis petrografi dan analisis *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS).

Metode penelitian yang dipakai adalah dengan cara penggabungan data lapangan, dan analisis laboratorium dan pengambilan data sekunder.

Analisis petrografi dilakukan untuk mengetahui genesa/pembentukan mineral-mineral logam emas dan asosiasinya. Berdasarkan dari hasil analisis petrografi, menunjukkan bahwa mineralisasi emas dan asosiasinya yang terdapat di Daerah Sangon, Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta, menghasilkan alterasi bertipe propilitik. Sedangkan berdasarkan hasil analisis *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS), menunjukkan bahwa kandungan/kadar mineral logam Au memiliki kandungan/kadar paling rendah dibandingkan dengan asosiasi mineral logam lainnya. Kadar Au hanya 1,274 ppm atau 0,0001274%.

Kata Kunci: Genesa, kelimpahan mineral logam emas (Au) dan asosiasinya, petrografi, AAS.

PENDAHULUAN

Seperti kita ketahui, bahwa Indonesia terdapat 3 penunjaman lempeng tektonik (Lempeng Eurasia, Lempeng Hindia-Australia, dan Lempeng Pasifik). Karena suhu dan tekanan yang tinggi dari penunjaman tersebut, maka sebagian dari batuan tersebut mengalami pelelehan/*partial melting* menjadi magma, yang kemudian keluar melalui bidang-bidang lemah berupa rekahan-rakahan (struktur geologi). Apabila

magma tersebut keluar ke permukaan, akan menjadi gunungapi, jika tidak keluar ke permukaan akan menjadi batuan beku intrusi, yang dalam keadaan tertentu akan menghasilkan mineral-mineral logam, misalnya Au, Ag, Cu, Zn, dan Pb, yang biasanya hadir bersamaan dengan batuan beku intrusi intermediet-asam.

Seiring dengan kemajuan teknologi yang semakin pesat, dan kebutuhan manusia akan teknologi yang semakin meningkat, maka kebutuhan industri (industri elektronik,

otomotif, dll) akan mineral-mineral logam sebagai bahan baku akan meningkat pula. Oleh karena itu, peneliti sangat tertarik untuk membahas genesa dan kelimpahan mineral logam emas (Au), dan asosiasinya (Ag, Cu, Zn, dan Pb) yang terdapat di Daerah Sangon, Kabupaten Kulonprogo, Propinsi DIY, yang ditentukan dengan analisis petrografi dan analisis *Atomic Absorbtion Spectrophotometry* (AAS).

Dari hasil uraian di atas, maka dapat dikemukakan perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana genesa mineral-mineral logam emas (Au) dan asosiasinya di Daerah Sangon, Kabupaten Kulonprogo, Propinsi DIY?
2. Bagaimana Kelimpahan/kandungan dari mineral logam emas (Au) dan asosiasinya di Daerah Sangon, Kabupaten Kulonprogo, Propinsi DIY?

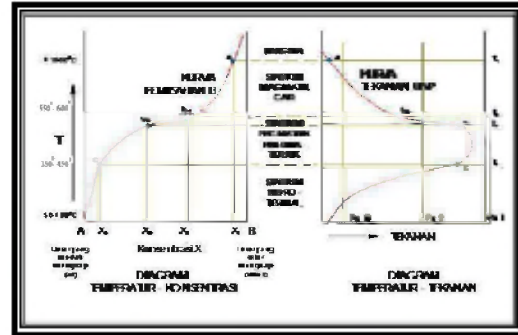
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui cara terbentuknya serta kelimpahan mineral logam emas (Au) dan asosiasinya, dari analisis petrografi dan analisis *Atomic Absorbtion Spectrophotometry* (AAS).

Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan cara pengambilan sampel di lapangan dan analisis laboratorium petrografi dan analisis AAS, data sekunder, literatur buku, dan situs-situs internet.

Genesa/cara terbentuknya mineral-mineral logam secara primer/oleh pembekuan magma, dinamakan sebagai proses diferensiasi magma. Yang dimaksud dengan proses diferensiasi magma adalah proses pemisahan magma karena pendinginan/penurunan suhu/temperatur dan membentuk satu atau lebih jenis batuan beku. Jenis-jenis batuan beku yang terbentuk, masing-masing dicirikan oleh komposisi mineral yang berbeda, sesuai dengan komposisi magma dan temperatur pembekuannya. Karena proses diferensiasi magma ini, komposisi mineral yang terjadi pada setiap jenis batuan beku yang terbentuk, bisa terdiri dari berbagai macam mineral logam maupun mineral non logam. Komposisi asal dari larutan magma serta kondisi-kondisi tertentu yang mempengaruhi proses pendinginan magma, dapat menghasilkan jebakan endapan mineral yang bersifat ekonomis.

164 Purnamawati, Genesa dan Kelimpahan Mineral Logam Emas, dan Asosiasinya Berdasarkan Analisis Petrografi, dan *Atomic Absorbtion Spectrophotometry* (AAS), di Daerah Sangon, Kabupaten Kulonprogo, Propinsi DIY

Proses diferensiasi magma ada 3 yaitu endapan magmatis, endapan pegmatitis-pneumatolitik (metasomatis kontak), dan endapan hidrotermal (Gambar 1).



Gambar 1. Diagram diferensiasi magma (Sumber: Hartosuwarno, 2001)

1. Endapan magmatis

Pada temperatur tinggi (lebih dari 600°C), stadium likuid magmatis mulai membentuk mineral-mineral, baik mineral logam maupun non logam yang terjadi untuk pertama kalinya. Mineral yang terbentuk dicirikan oleh terjadinya pemisahan unsur-unsur kurang volatil, berupa mineral-mineral silikat. Dengan penurunan temperatur yang menerus, maka kecepatan pembentukan mineral berikutnya, dicirikan oleh unsur-unsur yang volatil, dengan keadaan tekanan yang membesar. Asosiasi mineral yang terbentuk sesuai dengan temperatur pendinginan pada saat itu ($\pm 600-1.000^{\circ}\text{C}$). Jebakan mineral ini disebut sebagai jebakan magmatis.

Proses pembentukan endapan magmatis ini sebagian besar berasal dari magma primer yang bersifat basa-ultra basa. Magma tersebut mengalami pendinginan dan membentuk mineral-mineral silikat dan mineral bijih.

Bila tidak terjadi konsentrasi, mineral bijih yang terbentuk akan tersebar merata (*disseminated*) di dalam batuan. Karena kondisi dan keadaan tertentu, bisa terjadi proses pemisahan dan konsentrasi dari endapan mineral yang terbentuk. Konsentrasi tersebut bisa disebabkan karena proses-proses diferensiasi kristalisasi, diferensiasi gravitasi, segregasi, maupun injeksi.

Proses pemisahan dan konsentrasi mineral tersebut dapat terjadi baik awal pembentukan batuan beku yang disebut *early magmatic process*, atau pada periode menjelang berakhirnya proses pendinginan magma yang biasa disebut *late magmatic process*.

Proses yang dapat terjadi pada *early magmatic process* adalah:

- a. Bila tidak terjadi konsentrasi, maka mineral bijih yang terbentuk akan tersebar merata (*dissemination*).
- b. Apabila terjadi diferensiasi kristalisasi (biasa/ gravitasi), maka mineral-mineral yang terbentuk bisa terkonsentrasi (*segregation*) pada tempat-tempat tertentu.
- c. Apabila terjadi penerobosan/injeksi (*injection*) ke tempat lain, maka mineral-mineral yang sudah terbentuk berpindah dan terkonsentrasi di tempat lain.

Sedangkan pada *late magmatic process*, gejalanya sering diperlihatkan berupa pembentukan mineral-mineral kemudian yang memotong endapan *early magmatic process*. Proses yang dapat terjadi pada *late magmatic process* adalah:

- a. Sebagian magma yang belum membentuk mineral, berupa sisa dari pada magma yang telah mengkristal pada *early magmatic process*, akan membentuk mineral-mineral secara terkonsentrasi karena proses diferensiasi kristalisasi gravitasi (*residual liquid segregation*).
- b. Magma yang tersisa setelah *early magmatic process* bisa diinjeksikan ke tempat lain pada keadaan tekanan lebih rendah, membentuk mineral-mineral berikutnya secara terkonsentrasi (*residual liquid injection*).
- c. Terjadinya penerobosan (penetrasi) dan korosi larutan magma yang tersisa terhadap mineral-mineral yang telah terbentuk pada *early magmatic process* dan kemudian membentuk mineral-mineral berikutnya secara terkonsentrasi (*immiscible liquid separation and accumulation*).
- d. Magma yang tersisa terhadap mineral-mineral yang telah terbentuk pada *early magmatic process* tempat lain karena pengaruh injeksi dan terkonsentrasi bersama-sama mineral lain yang terbentuk kemudian (*injection*).

2. Endapan pegmatitis dan pneumatolitis (meta-somatis kontak)

Stadium/endapan pegmatitis-pneumatolitis adalah stadium yang terbentuk pada temperatur $\pm 450-600^{\circ}\text{C}$, dan berupa larutan magma sisa. Pada stadium ini terjadi pemisahan lagi dari unsur volatil dengan keadaan tekanan yang cukup besar. Larutan magma sisa ini sebagian menerobos batuan yang telah ada melalui rekahan dan membentuk jebakan pegmatitis. Setelah temperatur mulai menurun ($\pm 450-550^{\circ}\text{C}$), akumulasi gas mulai membentuk mineral. Pada penurunan temperatur selanjutnya sampai $\pm 450^{\circ}\text{C}$, volume unsur volatilnya makin menurun karena membentuk endapan mineral yang disebut jebakan pneumatolitis dan tinggalah larutan sisa magma.

a. Endapan pegmatitis

Setelah proses pembekuan batuan beku magmatik, larutan sisa magmanya disebut larutan pegmatitis-pneumatolitis (metasomatis kontak). Larutan sisa magma ini terdiri dari cairan dan gas. Yang berupa cairan dengan sedikit gas H_2O , CO_2 , H_3BO_3 , HCl , dan HF , akan berusaha mencari jalan keluar melalui rekahan yang ada, baik pada batuan induknya, maupun pada batuan samping sekitarnya. Karena proses pendinginan, larutan tersebut akan membentuk endapan pegmatitis. Endapan ini biasanya terjadi pada bagian atas suatu intrusi yang berupa batholit yang letaknya jauh dari permukaan bumi. Di dekat permukaan pada batuan lelehan, endapan ini jarang sekali ditemukan. Asosiasi batuan dari endapan ini, umumnya adalah batuan granitis, tetapi kadang-kadang berasosiasi dengan batuan beku intermediet-basa. Apabila larutan pegmatitis ini menerobos batuan sedimen atau sekis, biasanya bentuk endapannya akan sejajar dengan bidang perlapisan atau bidang foliasi, atau kadang-kadang juga memotong. Bentuk endapan pegmatitis ini, pada umumnya tidak teratur, terutama yang terjadi pada batuan induknya. Bentuk yang sering terjadi berupa tabular, pipa atau dendritik. Kadang-kadang juga berbentuk seperti tangga, apabila pengendapannya melalui sistem kekar batuan. Sedangkan ukuran dari tubuh pegmatitis sangat bervariasi mulai dari ukuran yang kecil sampai ratusan meter.

Tekstur yang diperlihatkan endapan ini mempunyai ciri butir kasar-sangat kasar yang saling tumbuh bersama (*intergrowth*). Ukuran butir tersebut

kuarsa sangat lazim terdapat bersama-sama dengan endapan mineral lain. Mineral kuarsa ini biasanya hadir dengan warna keruh sampai bening, kompak, bentuk cukup baik-sempurna, kadang-kadang merupakan pseudomorf dari mineral fluorit dan barit. Pengendapan mineral hidrotermal dapat melalui larutan biasa atau koloid. Jika setelah pengendapan koloid terjadi, perubahan menjadi kristalin, disebut sebagai endapan metakoloid.

Bentuk jebakan hidrotermal sering mengikuti bentuk rongga/rekahan yang diisinya, kadang-kadang diikuti oleh proses yaitu substitusi/ *replacement*. Klasifikasi bentuk endapan tergantung pada bentuk rongga/rekahan yang diisinya. Bentuk urat banyak terjadi pada batuan beku intrusi eruptif. Pada batugamping dan dolomit sering memperlihatkan bentuk substitusi, sedangkan pada batupasir dan tufa, sering berupa bentuk impregnasi. Bentuk urat dan impregnasi dapat digolongkan pada proses *cavity filling*, sedangkan bentuk lain dapat digolongkan pada proses substitusi (*replacement*).

Pada jebakan yang mengisi rongga/rekahan (*cavity filling*) bisa terjadi 2 proses yaitu pembentukan rongga/rekahan dan pengisian larutan mineral. Kedua proses tersebut bisa terjadi bersama-sama atau dipisahkan oleh interval waktu.

Pada jebakan yang ditemukan, kadang-kadang memperlihatkan bentuk pengisian (mineralisasi) yang berbeda arahnya, demikian juga bentuk struktur batuan berbeda. Hal ini disebabkan karena pembentukan struktur (deformasi) batuan dan proses pengisian lebih dari satu kali, tergantung dari proses yang terjadi. Daerahnya perpotongan struktur demikian, merupakan daerah yang paling lemah dan mudah mengalami pengisian, sehingga sering menunjukkan jebakan yang menarik.

Jebakan yang terjadi karena proses *replacement* sering memperlihatkan ciri-ciri sebagai berikut: sisa/relict mineral lama, sisa struktur lama, gejala/proses pseudomorfosis, bentuk yang tidak teratur dan lain-lain.

Secara umum, bentuk struktur dan tekstur yang diperlihatkan oleh jebakan hidrotermal antara lain:

- a) Struktur-struktur
 - 1) *Banded* adalah struktur yang menunjukkan urutan pelapisan mineral.
 - 2) *Cockade* adalah struktur yang menunjukkan struktur

pembungkusan/struktur kokar/*ring structure*.

- 3) *Comb* adalah struktur yang menunjukkan struktur sisir/batugigi
 - 4) *Colloform* adalah struktur yang menunjukkan struktur membulat, seperti buah anggur.
- b) Struktur *replacement*
- 1) *Marginal/Ring structure* adalah bagian tepi mineral yang mengalami *replacement*.
 - 2) *Core/Atol structure* adalah bagian tengah mineral yang mengalami *replacement*.
 - 3) *Selective* adalah penggantian secara selektif.
 - 4) *Relict* adalah struktur sisa mineral asal.
 - 5) *Diffuse penetration* adalah penggantian secara difusi.
- c) Tekstur-tekstur
- 1) Kristalin berupa *cleavage*, kembaran, *herring bone* (tulang ikan), dendritik, atau zoner.
 - 2) *Fibrous* berupa serat-serat halus.

Pembagian jenis endapan hidrotermal didasarkan atas perbedaan cara terbentuknya (kedalaman) serta perbedaan tinggi/rendahnya temperatur yang berpengaruh. Secara garis besar, pembagian jenis endapan hidrotermal ada 3, yaitu:

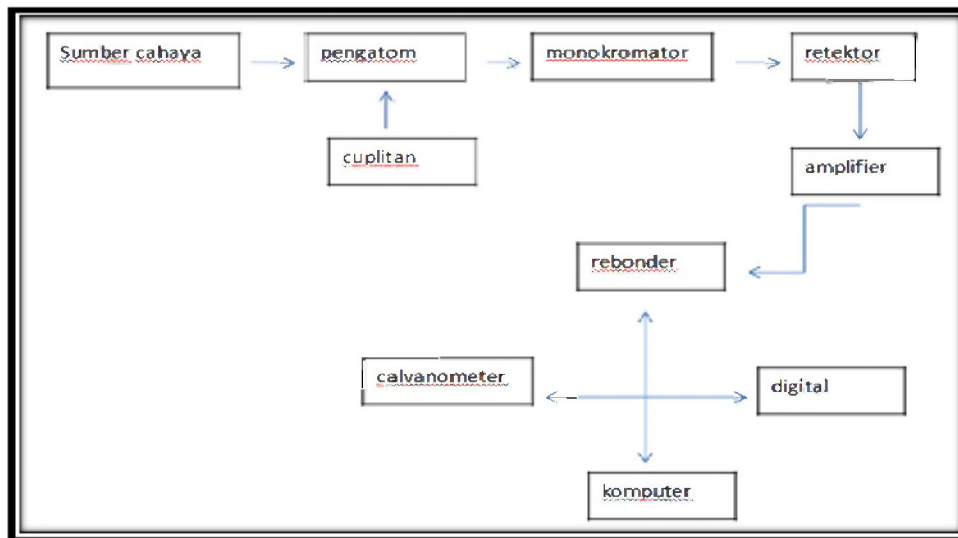
- 1) Endapan hipotermal, dengan ciri-ciri sebagai berikut:
 - a) Tekanan dan temperatur pembentukannya relatif tinggi.
 - b) Endapan berupa urat-urat dan korok/*dike* yang berasosiasi dengan intrusi, mempunyai kedalaman yang besar.
 - c) *Wall rock alteration* dicirikan oleh proses *replacement* yang kuat.
 - d) Asosiasi mineralnya berupa sulfida, misalnya pirit, kalkopirit, galena, dan sfalerit serta oksida besi (spekularit).
 - e) Pada intrusi granit sering berupa endapan mineral logam Au, Pb, Sn, W, dan Zn.
- 2) Endapan mesotermal, dengan ciri-ciri sebagai berikut:
 - a) Tekanan dan temperatur yang berpengaruh lebih rendah dari endapan hipotermal.
 - b) Endapannya berasosiasi dengan batuan beku asam-intermediet dan dekat dengan permukaan bumi.
 - c) Tekstur akibat *cavity filling* jelas terlihat, sekalipun sering mengalami

- proses *replacement*, antara lain berupa *crustification* atau *banding*.
- d) Asosiasi mineralnya berupa sulfida, misalnya Au, Cu, Ag, As, Sb, dan oksida Sn.
 - e) Proses pengayaan (*supergene-enrichment*) sering terjadi.
- 3) Endapan epitermal, dengan ciri-ciri sebagai berikut:
- a) Tekanan dan temperatur yang berpengaruh paling rendah.
 - b) Tekstur *replacement* tidak khas, jarang terjadi.
 - c) Endapan bisa dekat atau pada permukaan bumi.
 - d) Kebanyakan teksturnya berlapis atau berupa *fissure-vein*.
 - e) Struktur khas sering berupa *cockade structure*.
 - f) Asosiasi mineral logamnya berupa Au, dan Ag dengan mineral gangue-nya berupa kalsit dan zeolit di samping mineral kuarsa.

Petrografi adalah salah satu cabang ilmu geologi yang mempelajari tentang batuan-batuan dengan mikroskop. Analisis petrografi adalah suatu metode yang sangat mendasar yang berfungsi untuk mendukung analisis data geologi.

Atomic Absorbtion Spectrophotometry (AAS), digunakan hanya untuk mengetahui kandungan kimia dari suatu batuan. Metode ini didasarkan atas absorspsi/serapan cahaya pada panjang gelombang tertentu oleh atom-atom besar dari unsur yang dianalisis. Atom-atom tersebut dihasilkan dalam suatu pengatom (*atomizer*).

Dalam bidang geologi, metode ini dapat membantu untuk menganalisis unsur kimia suatu contoh tanah atau batuan. *Atomic absorption*, menunjukkan jumlah cahaya yang diserap oleh atom, tetapi hanya menyerap panjang gelombang tertentu tergantung pada energi (Gambar 3).



Gambar 3. Bagan peralatan AAS

PEMBAHASAN

1. Geologi Daerah Penelitian

Pada peta fisiografi-tektonik Jawa Tengah Selatan, Pegunungan Kulonprogo adalah merupakan kelanjutan dari Pegunungan Serayu Selatan, atau disebut sebagai *Kulonprogo High* (Suyanto dan Roskamil, 1975, dalam Suyono, 2004)

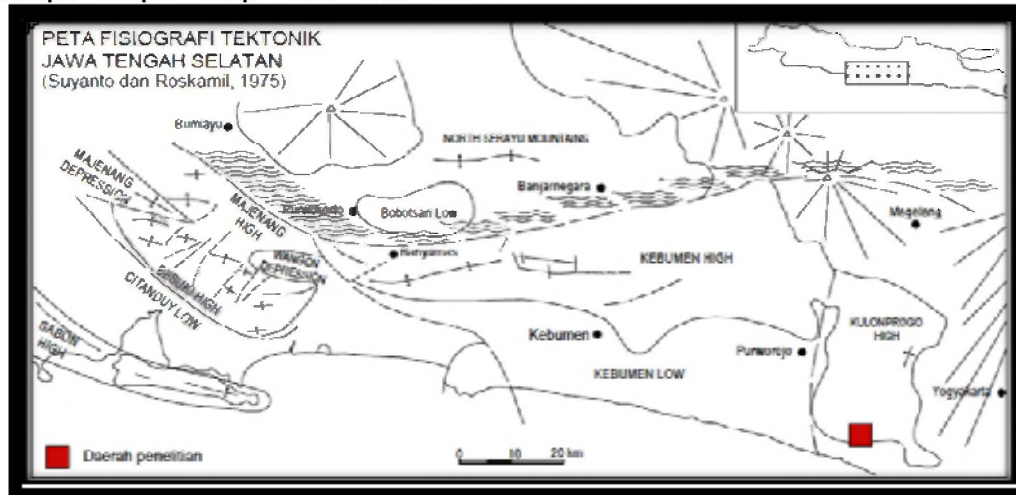
(Gambar 4). Di timur dan utara *Kulonprogo High* dibatasi oleh gunungapi Kuarer, di barat dibatasi oleh *Kebumen High* dan *Kebumen Low*, dan di selatan berbatasan dengan dataran pantai Samudera Hindia.

Pegunungan Kulonprogo terletak di Kabupaten Kulonprogo, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yang hampir seluruhnya dibentuk oleh bekas gunungapi

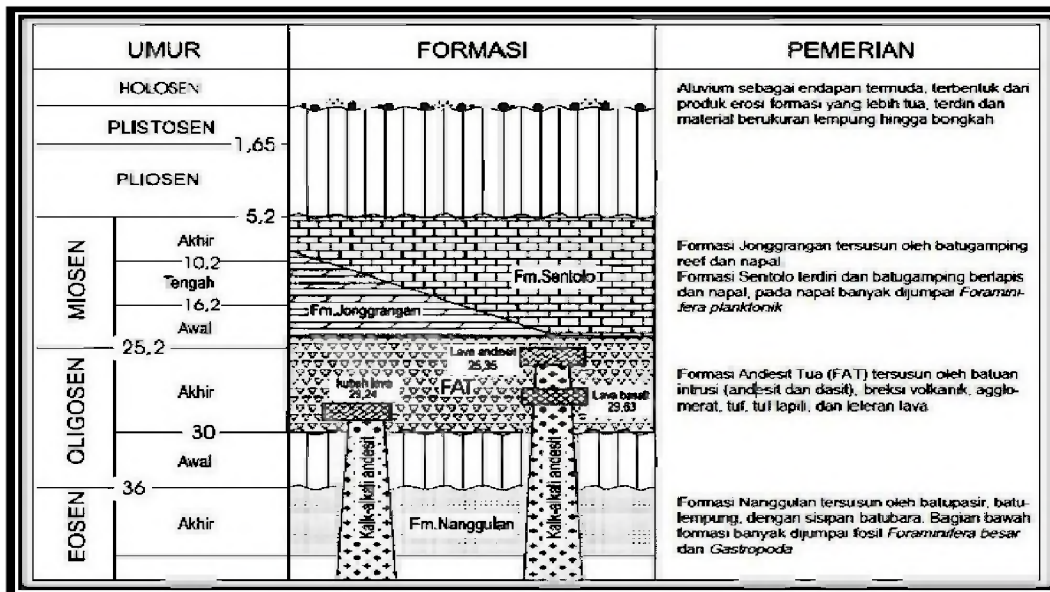
- 168 Purnamawati, Genesa dan Kelimpahan Mineral Logam Emas, dan Asosiasinya Berdasarkan Analisis Petrografi, dan *Atomic Absorbtion Spectrophotometry* (AAS), di Daerah Sangon, Kabupaten Kulonprogo, Propinsi DIY

purba, dan sebagian kecil oleh batuan silisiklastik dan batu gamping. Batuan tertua yaitu batupasir kuarsa Eosen dijumpai di beberapa tempat tetapi tidak luas dan

tersebar tidak merata, sedangkan batugamping membentuk morfologi karst pada tepi pegunungan di bagian timur laut.



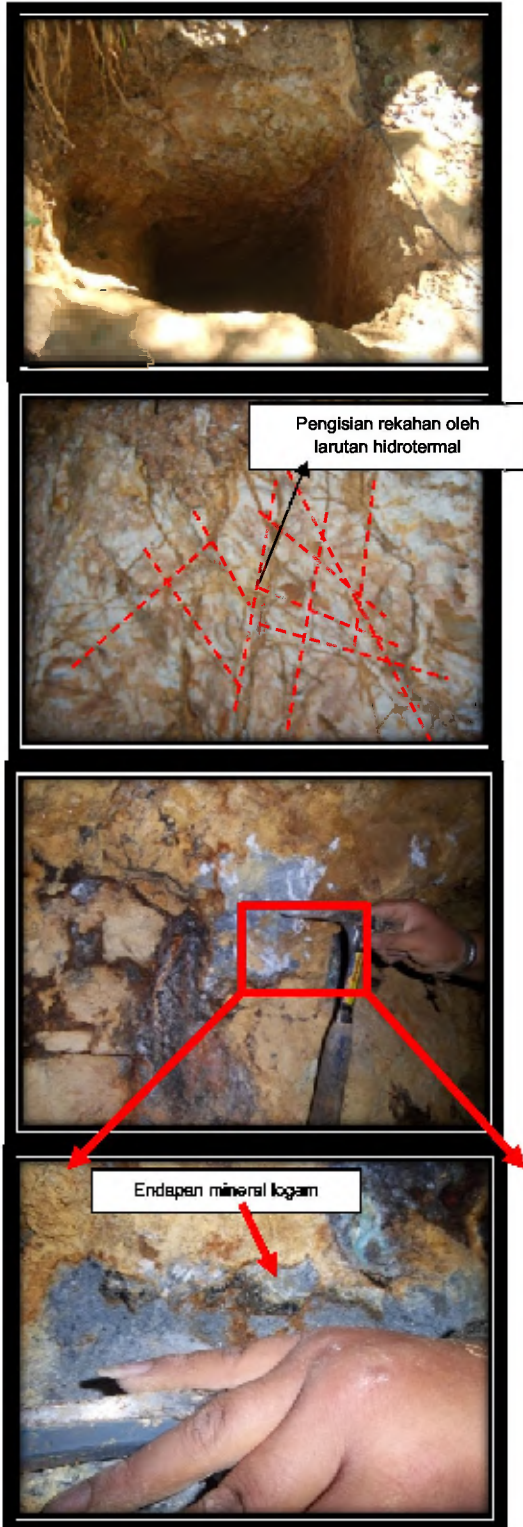
Gambar 4. Daerah penelitian terletak di *Kulonprogo High*, suatu tinggian yang tersusun dari batuan asal gunungapi dan batugamping. Bagian utara dan timur berbatasan dengan gunungapi Kuartar, bagian barat dengan *Kebumen High* dan *Kebumen Low*, sedangkan bagian selatan dengan dataran pantai Samudera Hindia, (Suyanto, dan Roskamil, 1975, dalam Suyono, 2004)



Gambar 5. Kolom stratigrafi regional Pegunungan Kulonprogo, disusun dari kompilasi beberapa peneliti terdahulu (Suyanto dan Roskamil, 1975; Pringgoprawiro dan Riyanto, 1986; dan Soeria-Atmadja *et al.*, 1991, dalam Suyono, 2004)

Endapan mineral logam yang terdapat di daerah penelitian adalah hasil endapan hidrotermal yang dibawa oleh batuan intrusi andesit berumur Oligosen Akhir dan kemudian terendapkan pada

rekahan-rekahan batuan sekitarnya, yang biasanya disebut proses *cavity filling*.



Gambar 6. Endapan mineral logam di daerah penelitian (Sumber: data primer 2011)

2. Hasil analisis petrografi

Dari hasil analisis petrografi, menunjukkan bahwa mineralisasi emas dan asosiasinya yang terdapat di Daerah Sangon, Kabupaten Kulonprogo, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, menghasilkan alterasi bertipe propilitik. Menurut klasifikasi Creasey, 1966; Lowell dan Guilbert, 1970, menyatakan bahwa alterasi bertipe propilitik terbentuk pada Temperatur 200–300°C, salinitas beragam, pH mendekati netral, daerah dengan permeabilitas rendah, dan dicirikan dengan mineral-mineral kunci seperti klorit, epidot, dan karbonat. Menurut Lindgren, 1933; Krauskopf, 1979; dan Garlick dalam Jensen dan Bateman, 1981, alterasi bertipe propilitik masuk dalam sistem hidrotermal jenis mesotermal.

3. Hasil analisis *Atomic Absorbtion Spectrophotometry* (AAS)

Analisis geokimia dengan metode *Atomic Absorbtion Spectrophotometry* (AAS) dilakukan untuk mengetahui kandungan mineral logam emas (Au), perak (Ag), zinc (Zn), timah (Pb), dan tembaga (Cu) di dalam urat kuarsa dan/atau batuan dinding yang diambil dari daerah penelitian. Hasil analisis kandungan mineral logam/bijih di Daerah Sangon, Kabupaten Kulonprogo, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan unsur emas dari hasil analisa AAS (sumber data primer 2011)

Target Analisis		Hasil
Unsur	Satuan	
Tembaga (Cu)	Ppm	218
Timah (Pb)	Ppm	2655
Zinc (Zn)	Ppm	503
Perak (Ag)	Ppm	65
Emas (Au)	Ppm	1,274

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis petrografi, dan pendekatan dari peneliti terdahulu menunjukkan bahwa mineralisasi emas dan asosiasinya yang terdapat di Daerah Sangon, Kulonprogo, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, didominasi oleh alterasi bertipe propilitik, dan masuk dalam sistem hidrotermal jenis mesotermal.

Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan *Atomic Absorbition Spectrophotometry* (AAS), kandungan/kadar mineral logam Au memiliki kandungan/kadar paling rendah, dibandingkan dengan asosiasi mineral logam lainnya. Kadar Au yang didapatkan dalam penelitian ini adalah 1,274 ppm atau 0,0001274%.

SARAN

Peneliti menyarankan untuk penelitian geologi lebih lanjut, khususnya di bidang alterasi, dan mineralisasi serta perlu adanya pemetaan geologi mengenai zona alterasi, dan struktur geologi untuk mengetahui penyebaran mineralisasi emas dan asosiasinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bateman, A. M., 1950, *Economic Mineral Deposit, 2nd Ed.*, John Willey & Sons, Inc., New York.
- Bemmelen, V.R.W., 1949, *The Geology of Indonesia, Vol.1A: General Geology*, Martinus Nijhof, The Hague, 684p.
- Brian and Mason, 1982, *Principles of Geochemistry, Fourth edition*, John Wiley & Sons, Inc., Singapore.
- Creasy, S.C., 1966, *Hydrothermal Alterations in Geology of Porphyry Copper Deposits*, (S.R.Tettley & C.L.Hickx, ed), Tuscon:Univ. of Ariz. Press, pp.51-74.
- Hartosuwarno, S., 2001, *Endapan Mineral, Panduan kuliah dan praktikum, Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, UPNVY*
- Mulyaningsih. S., 2007, *Mineral Optik dan Petrografi*, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.
- Soeria-Atmadja, R., Maury, R.C., Bellon, H., and Pringgoprawiro, H., 1991, *The Tertiary Magmatic Belt in Java, Proc. of Symposium in the Dynamic of Subduction And Its Products*, Research and Dev. Centre of Geotechnology, Indonesian Institute of Science, Bandung, p.98-121.
- Sudradjat. D.M., 1982, *Geologi Ekonomi*, Institut Teknologi Bandung-Laboratorium Geologi Ekonomi, Bandung.
- Suyono. S., 2004, *Geologi dan Mineralisasi Logam Pada Intrusi Andesit Oligosen Akhir Daerah Sangon, Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta*, Thesis Pascasarjan, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.