

Indikasi Keberadaan Mineralisasi di Sekitar Gunung Mujil Kecamatan Girimulyo Kabupaten Kulon Progo Yogyakarta

Rangga Aditya Warman Dawam¹, Hill G.Hartono², dan Winarti²

Mahasiswa Jurusan Teknik Geologi STTNAS Yogyakarta¹
email: ranggaaditya.warmandawam@gmail.com
Dosen Jurusan Teknik Geologi STTNAS Yogyakarta²

Abstrak

Pegunungan Kulonprogo merupakan sebuah kubah atau dome (*Oblong Dome*) yang bentuknya agak teratur membujur dengan arah NNE-SSW dengan garis tengah kurang lebih 32 km dan WNW-ESE dengan garis tengah sekitar 15 – 20 km. Inti dari kubah tersebut terdiri dari tiga vulkanik Andesit Tua. Vulkan Gajah terdapat dibagian pusat merupakan vulkan yang paling tua, kemudian disusul dengan vulkan Ijo yang terdapat di sebelah selatan, sedangkan dibagian utara dijumpai vulkan Menoreh. Dijumpainya mineral logam di sebelah barat Gunung Mujil memberikan perhatian baru terkait indikasi keberadaan mineralisasi di sekitar Gunung Mujil. Mineral logam seperti magnetit dan pirit yang tersebar di dalam batuan serta keterdapatannya *vein* b dengan sulfida arsenopirit-markasit-pirit mengindikasikan suhu pembentukan yang tinggi dan berada pada kondisi tekanan yang tinggi. Di sekitar mineral logam terdapat 2 batuan beku yaitu andesit dan basal, pada pengamatan mikroskopik tampak adanya mineral primer seperti klinopiroksen dan olivin. Selain itu kenampakan sisa batuan asal andesit juga masih tampak pada sayatan tipis yang disertai mineral ubahan seperti serisit, sehingga keberadaan mineral logam lebih dikontrol oleh munculnya intrusi basal dengan larutan magmatik yang telah jenuh sulfida.

Kata Kunci: Endapan Magmatik Hidrotermal, G.Mujil, Kulonprogo, Mineral Logam

Pendahuluan

Penelitian terkait geologi di Pegunungan Kulonprogo sudah banyak dilakukan dari van Bemmelen (1949), kemudian Rahardjo,dkk (1977) tentang Geologi Yogyakarta, Harijanto (2014) yang melakukan penelitian tentang volkanostratigrafi di Gunung Ijo, Budiadi, dkk (2013) Konfigurasi Tektonik di Daerah Kulon Progo, Pambudi (2015) stratigrafi dan petrologi Formasi Nanggulan Jalur Kalipuru. Hartono dan Pambudi (2015) memberikan suatu pemikiran bahwa Gunung Mujil adalah satu sistem gunung api purba terlepas dari sistem gunung api di Pegunungan Kulon Progo. Gagasan ini mengundang perhatian bagi para geolog, apabila Gunung Mujil adalah suatu sistem gunung api sendiri tentu ada kemungkinan tentang potensi dari keberadaan endapan mineral di Gunung Mujil. Berbagai penelitian ini dilakukan untuk mengungkap keunikan dari geologi di Kulon Progo.



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian

Tersingkapnya batuan vulkanik di sekitar batuan berumur Eosen Formasi Nanggulan di sekitar Gunung Mujil menjadikan keunikan tersendiri di daerah penelitian. Selain itu keberadaan mineral logam dan veinlet bertekstur *stockwork* di daerah penelitian menunjukkan adanya indikasi dari keberadaan mineralisasi. Sehingga penelitian ini dilakukan dengan maksud mengidentifikasi keberadaan mineralisasi di sekitar Gunung Mujil serta bertujuan untuk mengetahui proses yang mengontrol dari keterdapatannya mineral logam di daerah penelitian.

Metode Penelitian

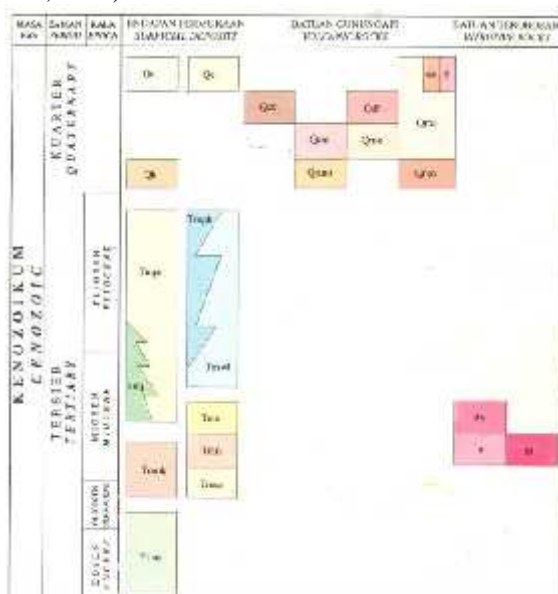
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif dengan pengumpulan data baik dari penelitian lapangan maupun penelitian laboratorium. Dari kombinasi data lapangan dan data laboratorium yang diperoleh kemudian dianalisis lebih lanjut dengan melakukan pengkajian ulang terhadap penelitian terdahulu baik terkait daerah penelitian maupun publikasi terkait endapan mineral.

Geologi Daerah Penelitian

Menurut van Bemmelen (1970), Pegunungan Kulonprogo merupakan sebuah kubah atau dome (*Oblong Dome*) yang bentuknya agak teratur membujur dengan arah NNE-SSW dengan garis tengah kurang lebih 32 km dan WNW-ESE dengan garis tengah sekitar 15 – 20 km. Inti dari kubah tersebut terdiri dari tiga vulkanik Andesit Tua. Vulkan Gajah terdapat dibagian pusat merupakan

vulkan yang paling tua, kemudian disusul dengan vulkan Ijo yang terdapat di sebelah selatan, sedangkan dibagian utara dijumpai vulkan Menoreh. Menurut Rahardjo, dkk (1977), stratigrafi Pegunungan Kulonprogo dari yang tertua ke muda tersusun oleh Formasi Nanggulan, Formasi Andesit Tua, Formasi Jonggrangan, Formasi Sentolo dan Endapan Aluvial (Tabel 1). Formasi Nanggulan tersingkap di bagian timur Tinggian Kulonprogo, yaitu di sekitar Kalisonggo dan Kalipuru. Litologi tersusun oleh batupasir dengan sisipan lignit, sisipan napal pasiran, batulempung dengan konkresi limonit, sisipan napal – batugamping dan batupasir tufan yang banyak mengandung fosil foraminifera dan moluska. Formasi Andesit Tua tersingkap di bagian tengah, utara, barat dan baratdaya dari tinggian Kulon Progo. Diendapkan dalam lingkungan gunung api yang tersusun oleh breksi gunung api, lava, breksi lapili, lapili tuf dan batupasir gunung api. Litologi penyusun yang dominan terdiri atas breksi andesit dengan matrik berupa tuf pasiran, fragmen terdiri atas andesit piroksen sampai andesit horblende. Selain itu juga tersingkap adanya intrusi batuan beku. Formasi Jonggrangan tersusun oleh napal tufan, batupasir gampingan dengan sisipan lignit yang ke arah atas berubah menjadi batugamping berlapis dan batugamping koral yang membentuk terumbu. Sementara itu, Formasi Sentolo tersusun oleh batupasir, serpih tuf gelas, breksi, konglomerat, tuf, batulempung dan batupasir, dan diendapkan di lingkungan neritik, sedangkan endapan aluvial Formasi Yogyakarta merupakan endapan Gunung Muda yang tersusun oleh tuf, abu, breksi, aglomerat dan lava yang tak terpisahkan satu dengan yang lainnya.

Tabel 1. Kolom stratigrafi Kulonprogo (Rahardjo dkk, 1977)



Dari susunan stratigrafi Pegunungan Kulonprogo menunjukkan bahwa fase magmatisme dan vulkanisme terjadi saat terbentuknya Formasi Andesit Tua. Sehingga kontrol dari pembentukan endapan mineral terkait dari aktivitas magmatisme terjadi pada kala Oligosen -Miosen.

Dasar Teori

Mineral Bijih adalah mineral-mineral yang bernilai ekonomis, mengandung unsur logam dan dapat diekstrak untuk kepentingan umat manusia. Mineral industri adalah semua batuan, mineral atau substansi yang terbentuk secara alami yang bernilai ekonomis, tidak termasuk di dalamnya adalah bijih logam, mineral fuels, dan batumulia (Noetstaller, 1988 dalam Evans, 1993). Mineral-mineral bijih seperti magnetit, ilmenit, kromit terbentuk pada fase awal diferensiasi magma, bersamaan dengan pembentukan mineral olivine, piroksen, Ca- Plagioklas. Semua mineral bijih yang terbentuk pada fase ini disebut sebagai endapan magmatik. *Magmatic sulfide deposits* adalah konsentrasi mineral sulfida di dalam batuan beku basa hingga ultrabasa yang berasal fluida magmatik yang telah mengandung fluida. Banyak skema yang digunakan untuk pengelompokan deposit ini. Kebanyakan klasifikasi didasarkan pada seting tektonik dan karakteristik petrologi dari batuan beku basa dan ultrabasa (Naldret, 1989) atau pada asosiasi spasial batuan yang telah termineralisasi dengan *hostrock* batuan beku basa maupun ultrabasa (Hulbert dkk, 1988).

Beberapa batuan beku mengandung mineral-mineral asesori, yang mempunyai nilai ekonomi untuk ditambang secara selektif. Mineral-mineral tersebut terbentuk karena kristalisasi yang normal, dan tidak terkonsentrasi membentuk lapisan secara terpisah dari mineral-mineral silikat pembentuk batuan, akan tetapi tersebar (diseminasi). Batuan beku alkalin pada umumnya membentuk mineralisasi bijih yang tersebar. Contoh yang paling populer adalah diseminasi intan pada batuan kimberlit dan lamproite, serta beberapa batuan alkalin lain menghasilkan apatit, niobium, uranium, dan unsure tanah langka (rare earths). Proses gravitasi, merupakan salah satu mekanisme yang sangat penting di dalam proses diferensiasi magma membentuk batuan beku. Kristal-kristal yang terbentuk awal, pada temperature yang tinggi, karena gravitasi akan mengendap di bagian dasar dapur magma, membentuk lapisan kumulat. Kromit (Cr), magnetit (Fe), platinum (Pt), merupakan mineral-mineral yang sering terkonsentrasi membentuk kumulat, dan mempunyai nilai ekonomis yang penting. Pada proses fraksionasi, magma dapat mengalami pengkayaan beberapa unsure tertentu, seperti, besi, tembaga, sulfur, membentuk magma bijih, menyebabkan membentuk droplets yang memisah dari magma silikat pada kantong magma.

Pemisahan pada fase cair ini merupakan fenomena yang lazim dalam diferensiasi magma. Magma yang mengalami pengkayaan unsure logam ini, dapat memisah dan berada di bagian bawah dari magma silikat induknya, tetapi juga kadang diinjeksikan ke batuan samping disekitar kantong magma. Pada fase akhir magmatisme, sebelum fase hidrotermal, sisa magma dibagian dalam kantong magma pada umumnya mengalami peningkatan kandungan gas dan uap air. Magma sisa yang banyak mengandung gas, mencari jalan keluar, memotong bagian tepi kantong magma yang telah mementuk batuan beku, membentuk retas-retas yang dikenal sebagai batuan pegmatite. Batuan fase pegmatite ini sering berasosiasi dengan keberadaan bijih logam. Fase pegmatite magmatisme felsik, cenderung mengalami pengkayaan unsure lithium, caesium, timah (Sn), dan uranium (U).

Sistem hidrotermal dapat didefinisikan sebagai sirkulasi fluida panas (50° sampai $>500^{\circ}\text{C}$), secara lateral dan vertikal pada temperatur dan tekanan yang bervariasi, di bawah permukaan bumi (Pirajno, 1992). Sistem ini mengandung dua komponen utama, yaitu sumber panas dan fase fluida. Sirkulasi fluida hidrotermal menyebabkan himpunan mineral pada batuan dinding menjadi tidak stabil, dan cenderung menyesuaikan kesetimbangan baru dengan membentuk himpunan mineral yang sesuai dengan kondisi yang baru, yang dikenal sebagai alterasi (ubahan) hidrotermal. Endapan mineral hidrotermal terbentuk karena sirkulasi fluida hidrotermal yang melindi (leaching), menstranport, dan mengendapkan mineral-mineral baru sebagai respon terhadap perubahan kondisi fisik maupun kimiawi (Pirajno, 1992). Creasey (1966) membuat klasifikasi ubahan hidrotermal pada endapan tembaga porfir menjadi tiga tipe yaitu propilitik, argilik, potasik, dan himpunan kuarsa-serisit-pirit. Lowell dan Guilbert (1970), membuat model alterasi-mineralisasi juga pada endapan bijih porfir, menambahkan istilah zona filik, untuk himpunan mineral kuarsa + serisit + pirit \pm klorit \pm rutil \pm kalkopirit.

Tabel 2. Mineralogi alterasi yang terbentuk pada sistem hidrotermal (Corbett dan Leach, 1997)

Hasil dan Pembahasan

Dari penelitian di lapangan dijumpai singkapan batuan andesit, basal, breksi vulkanik, dan batuan sedimen berumur Eosen dari Formasi Nanggulan dan Formasi Sentolo. Keberagaman litologi dan aspek geologi yang lain seperti struktur geologi dan geomorfologi di daerah penelitian masih menimbulkan banyak permasalahan yang belum terselesaikan di kalangan ilmu kebumihian. Di sisi lain keberadaan dari mineral logam di daerah Ngroto yang terletak di sebelah barat dari Gunung Mujil belum banyak tersentuh oleh geolog. Andesit di daerah penelitian memiliki struktur vesikuler, tekstur porfiritik dengan komposisi plagioklas. Pada vesikuler menunjukkan adanya mineral plagioklas yang telah berubah menjadi mineral lempung dan setempat telah terisi pirit. Basal yang dijumpai di daerah penelitian menunjukkan kenampakan menerobos batulempung dan batupasir Formasi Nanggulan. Di beberapa tempat basal yang berada di sebelah barat dari Gunung Mujil menunjukkan memiliki kedudukan yang sama dengan batuan sedimen di sampingnya, sehingga memungkinkan bahwa basal yang ada di daerah penelitian merupakan sill. Di sisi lain dijumpainya batuan berisi mineral logam berupa magnetit, arsenopirit hingga hadirnya markasit melengkapi keberagaman geologi di daerah penelitian. Keberadaan mineral logam ini disertai juga hadirnya vein b kuarsa-kalsit dengan tekstur *stockwork* yang berisi mineral logam arsenopirit, markasit dan pirit yang dikelilingi diseminasi magnetit dan beberapa mineral lain seperti klinopiroksen, biotit dan di tepi dari vein dijumpai juga mineral ubahan seperti serisit.



Gambar 2. Keberadaan vein A dengan tekstur *stockwork* dan sulfida berupa arsenopirit-markasit-pirit dan diseminasi magnetit di sekitar veinlet

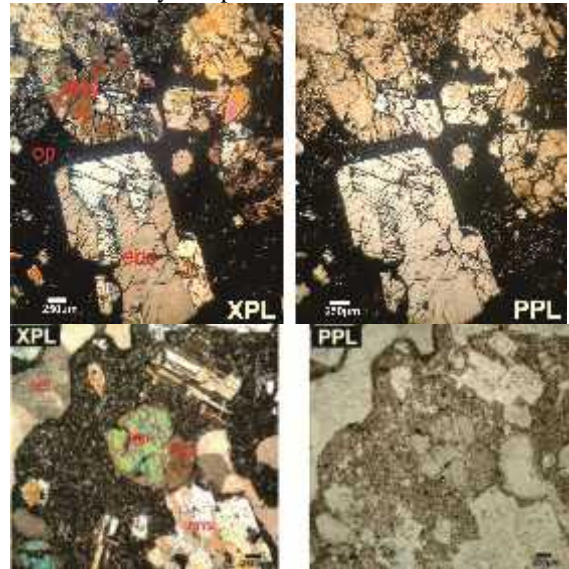


Gambar 3. Keberadaan batuan beku andesit dan basal di sekitar Gunung Mujil. Sebelah kiri basal, sebelah kanan andesit.

Dalam penelitian laboratorium sendiri dilakukan pengamatan pada 2 sayatan tipis (MJ-02 dan MJ-04) dan 1 sayatan poles (MJ-04). Dari sayatan tipis MJ-04 tampak adanya mineral primer seperti olivin, klinopiroksen dan biotit. Selain itu didapati juga mineral opak magnetit dan mineral ubahan seperti serisit dan dijumpai juga biotit sekunder. Dari sayatan tampak bahwa kemunculan mineral opak adalah lebih akhir daripada olivin dan klinopiroksen. Hadirnya mineral opak besar kemungkinan dikarenakan magma dengan fluida magmatik yang jenuh sulfida merusak mineral mineral yang sebelumnya telah terbentuk dan merusak fisik dari mineral primer yang ada. Dampaknya adalah banyak dijumpai mineral opak yang masuk merusak klinopiroksen dan terdapat juga mineral ubahan akibat fluida magmatik yang telah berinteraksi dengan mineral sebelumnya seperti serisit. Kehadiran dari magnetit sendiri tersebar di dalam batuan yang menampakkan sebagai massa dasar dari mineral mineral yang hadir sebagai fenokris yaitu klinopiroksen, plagioklas, olivin maupun serisit dan biotit. Dari tekstur sisa batuan yang ada tampak bahwa batuan yang telah terbentuk sebelumnya adalah Andesit Porfiritik yang masih menampakkan mikrolit mikrolit plagioklasnya dengan jenis plagioklas Andesin (An45).

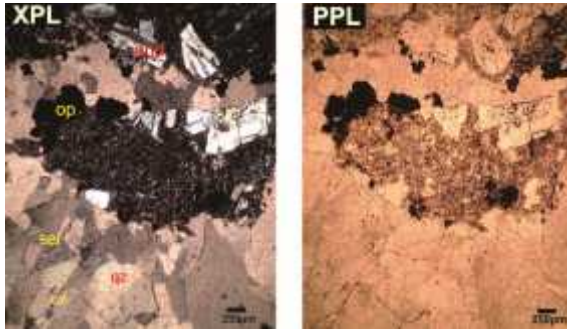


Gambar 4. Sayatan poles MJ-04



Gambar 5. Sayatan tipis MJ-04

Pada sayatan poles MJ-04 tampak adanya mineral logam seperti pirit, magnetit, dan kalkopirit. Sementara pirit dan magnetit tersebar baik di sekitar fenokris yang berlaku sebagai massa dasar maupun mengisi di dalam fenokris yang telah rusak. Keberadaan dari mineral logam yang ada adalah lebih akhir dibandingkan klinopiroksen. Magma dengan yang jenuh sulfida kemungkinan besar adalah pengontrol utama dari keberadaan magnetit dan pirit, serta keberadaan kalkopirit bisa dikontrol oleh larutan magmatik ataupun magma yang telah mengandung kalkopirit.



Gambar 6. Sayatan tipis MJ-02

Pada sayatan tipis MJ-02 didapati adanya veinlet kuarsa – karbonat yang ditengahnya didapati mineral opak dan terdapat mineral ubahan di tepi dari *veinlet*. *Vein* yang seperti ini biasa disebut sebagai *vein* B, dimana suhu pembentukannya sangat tinggi karena mineral sulfida yang terperangkap di tengah daei urat kuarsa-kalsit. Di samping itu sisa dari batuan asal juga masih tampak namun sudah lebih hancur dibandingkan yang dilihat pada sampel MJ-04, namun dari ciri fisik masih menunjukkan kesamaan sehingga bisa disimpulkan bahwa batuan yang telah ada sebelumnya adalah Andesit Porfiritik. Apabila dilihat dari batas tepi dari veinlet, tampak bahwa urat yang ada mengisi rekahan yang terbentuk karena kompresi. Hal ini didukung dengan kenampakan tekstur *stockwork* dari vein pada singkapan. Batas tepi dari sayatan yang tekesan tidak beraturan dan rusaknya beberapa mineral akibat rekahan yang disebabkan karena kompresi masih tampak dari beberapa mineral di tepi vein yang belum berubah menjadi mineral sekunder.

Apabila dihubungkan antara pengamatan yang dilakukan di lapangan dan pengamatan di laboratorium, keduanya memiliki hubungan yang saling mendukung. Dijumpainya 2 batuan beku yaitu andesit dan basal menunjukkan bahwa pernah ada 2 fase intrusi yang berbeda. Apabila dilihat dari fisik di lapangan maupun pengamatan di laboratorium, intrusi andesit adalah batuan beku yang lebih tua dibandingkan dari intrusi basal. Hal ini tampak saat pengamatan sayatan tipis bahwa sisa batuan beku Andesit Porfiritik masih tampak baik di sayatan tipis MJ-04 maupun MJ-02.

Hal menarik dari urat yang adalah dijumpainya sisa dari batuan asal meskipun sebagian telah berubah karena interaksi dari larutan magmatik yang jenuh sulfida. Kehadiran dari mineral mineral opak pada sayatan MJ-04 memperlihatkan bahwa kemunculannya adalah paling akhir, karena secara fisiknya tampak bahwa kehadirannya merusak mineral mineral lain seperti plagioklas dan klinopiroksen. Magnetit sendiri tampak sebagai massa dasar dalam sayatan, meskipun begitu masih memungkinkan bahwa magnetit terbentuk pada awal diferensiasi magma yang dibawa oleh magma maupun larutannya yang telah berada pada kondisi

jenuh sulfida. Jika dilakukan pendekatan antara batuan dan mineral logam yang ada, maka batuan yang membawa mineral logam adalah basal. Magma yang bersifat basaltik yang telah jenuh sulfida menerobos batuan yang telah ada sebelumnya yaitu andesit porfiritik. Adanya gangguan dari magma yang menerobos batuan yang telah ada yaitu andesit pofiritik menyebabkan terbentuknya kekar kekar akibat tekanan oleh magma basaltik yang menerobos maupun tekanan berupa beban dari permukaan. Fase berikutnya adalah naiknya air magmatik ke permukaan dan mengisi rekahan yang ada dan membentuk urat kuarsa – karbonat dengan mineral ubahan di tepi dari *veinlet*. Urat yang dibentuk adalah *vein* tipe B, dimana sulfida berada di tengah tengah vein, hal ini menggambarkan bahwa suhu pembentukan dari urat kuarsa-karbonat sangat sangat tinggi. Hadirnya mineral sekunder di tepi urat seperti serisit mendukung bahwa suhu pembentukan sangat tinggi. Apabila dilakukan plot pada tabel mineral alterasi hidrotermal milik corbett, maka asosiasi mineral ini merupakan penciri endapan mesotermal-hipotermal. Jadi masih memungkinkan bahwa pembentukan dari mineral logam di daerah penelitian juga dikontrol oleh larutan magmatik dengan suhu pembentukan yang tinggi dan tekanan yang tinggi dengan pH netral-alkaline. Keberadaan seri magnetit juga menunjukkan bahwa kondisi pembentukan dari himpunan mineral logam ini terjadi pada kondisi oksidasi. Umumnya pembentukan endapan magmatik seperti ini biasanya terendapkan pada bagian bawah suatu intrusi atau aliran, uniknya disini mineral logam dijumpai bersamaan dengan hadirnya veinlet. Besar kemungkinan bahwa pembentukan dari mineral logam yang ada juga dikontrol oleh magma yang memiliki kandungan gas melimpah. Hal ini mengakibatkan ketidakstabilan di kantong magma, sehingga mengakibatkan difusi pada kantong magma karena permeabilitas pada batuan di sekitar magma sangat rendah. Proses difusi ini mengakibatkan magma menerobos batuan di sekitar magma hingga membentuk intrusi basal yang disertai naiknya mineral berat seperti magnetit dan larutan magmatik. Hal ini sangat wajar terjadi karena proses difusi merupakan reaksi yang terjadi dalam rangka kantong magma mencapai titik kesetimbangannya kembali. Naiknya logam berat seperti magnetit menyebabkan ukurannya yang semula besar menjadi lebih kecil karena gangguan yang ada dari gas di dalam kantong magma, sehingga magnetit yang ada tampak sebagai massa dasar dalam batuan. Bukti naiknya larutan magmatik adalah hadirnya mineral ubahan seperti serisit dan mineral logam arsenopirit – kalkopirit yang pada akhirnya mengisi rekahan tidak beraturan dan menyebabkan terbentuknya *vein* tipe b yang bertekstur *stockwork* dengan diseminasi magnetit dan pirit disertai

hadirnya mineral ubahan seperti serisit di sekitar vein.

Kehadiran sulfida arsenopirit menjadi hal yang menarik karena terbentuk pada tahap sulfidasi derajat rendah namun berasosiasi dengan mineral yang terbentuk pada suhu tinggi seperti magnetit, klinopiroksen, olivin, magnetit serta mineral ubahan seperti serisit. Di sisi lain dijumpai juga kalkopirit pada sayatan poles yang merupakan mineral sulfida pada derajat menengah. Hubungan pembentukan yang paling memungkinkan dari mineral yang ada yaitu diawali dari pembentukan magnetit pada fase awal diferensiasi, dan pembentukan dari arsenopirit – kalkopirit lebih dikontrol oleh larutan magmatik. Data tambahan yang diperlukan untuk memastikan proses pembentukannya adalah data analisis inklusi fluida guna mengetahui fluida yang membawa mineral logam, apakah ada pengaruh dari larutan magmatik dalam pembentukan mineral logam yang ada. Karena pada konsep pembentukan endapan magmatik, mineral sulfida yang bersifat berat akan terendapkan pada bagian bawah dari intrusi karena proses gravitasi dan tidak berasosiasi dengan mineral ubahan akibat larutan hidrotermal. Namun sampai sejauh ini dengan data yang diperoleh penulis menyimpulkan bahwa keberadaan mineral logam di daerah penelitian merupakan endapan magmatik hidrotermal, karena data yang sangat minim dan bukti dari mekanisme pembentukan baik endapan magmatik maupun hidrotermal semuanya ada di dalam batuan yang sama. Sehingga wajar apabila sampai sejauh ini persebaran dari mineral logam di daerah penelitian tidak banyak tersingkap karena pembentukannya pada kondisi P yang tinggi dan T yang tinggi serta berada pada kedalaman serta kontrol dari larutan magmatik sendiri yang belum tentu ada di semua intrusi basal di sekitar daerah penelitian.

Tabel 2. Sekuen Paragenesa Mineral dari sampel MJ-02 dan MJ-04

Mineral	Episode	Early	Middle	Late
Olivin		---		
Cpx		—		
Biotit		—	—	
Magnetit		—	—	
Pirit		—	—	—
Kuarsa			—	—
Kalsit			—	—
Arsenopirit			—	—
Markasit				—
Serisit				—

Kesimpulan

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa keterdapatan dari mineral logam yang ada di daerah penelitian adalah merupakan endapan magmatik hidrotermal yang terbentuk pada suhu

dan tekanan yang tinggi sehingga berada pada kedalaman. Kehadiran magnetit merupakan bukti bahwa magma di daerah penelitian telah jenuh sulfida, dan arsenopirit di dalam vein kuarsa-karbonat yang disertai serisit mengindikasikan adanya larutan magmatik di dalam magma yang naik setelah pembentukan basal di daerah penelitian.

Saran

Perlu dilakukan analisis inklusi fluida guna mengetahui fluida yang mengontrol pembentukan dari mineral logam yang ada. Selain itu juga perlu dilakukan pemetaan yang lebih detail guna mengetahui kemungkinan keterdapatan mineral logam serupa di daerah sekitar penelitian.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Okki Verdiansyah yang telah banyak memberikan saran dan masukannya hingga selesainya makalah ini. Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada rekan rekan jabiger yang telah membantu penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Allenn, R.L. 1996. Atlas of alteration: a field and petrographic guide to hydrothermal alteration minerals. Geological Assoc. of Canada, Mineral Deposits Division.
- Argananta, Erlanda, Oktaviani, dan Rahmad. 2015. Kajian Potensi Serpih Eosen Formasi Nanggulan Sebagai Source Rock Hidrokarbon Daerah Kalisonggo, Kulon Progo, Yogyakarta. Yogyakarta: UPN Veteran Yogyakarta (Tidak Dipublikasikan).
- Corbett, G.J. and Leach, T.M. 1998. Southwest Pacific Rim gold-copper systems: structure, alteration, and mineralization. Society of Economic Geologists, 1998.
- Corbett, G.J. 2009. Anatomy of porphyry-related Au-Cu-Ag-Mo mineralised systems: Some exploration implications. In: *Australian Institute of Geoscientists North Queensland Exploration Conference*. p. 1-13.
- Harjanto, A. 2014. Vulkanostratigrafi Di Daerah Kulon Progo Dan Sekitarnya, Daerah Istimewa Yogyakarta. MTG, 4.2
- Hart, C.J.R. 2007. Reduced Intrusion-Related Gold Systems. Canada: University of British Columbia, Vancouver, British Columbia
- Hartono, H.G dan Pambudi, S. 2016. Gunung Api Purba Mujil, Kulonprogo, Yogyakarta: Suatu Bukti Dan Pemikiran. In: *Prosiding Seminar Nasional ReTII*.
- Hartosuwarno. 2014. Pedoman Kuliah dan Praktikum Endapan Mineral. Yogyakarta: UPN Veteran Yogyakarta.

- Jurkovi , dkk. 2012. Genesis of vein-stockwork cryptocrystalline magne-site from the dinaride ophiolites. Croatia: Ofioliti hal 13-26
- Naldrett, Anthony. 2013. Magmatic sulfide deposits: Geology, geochemistry and exploration. Springer Science & Business Media.
- Naldrett, A. J. 2010. Secular variation of magmatic sulfide deposits and their source magmas. *Economic Geology*, 105.3: 669-688.
- Pambudi. 2015. Stratigrafi dan Petrologi Formasi Nanggulan, Jalur Kalipuru Kulon Progo Daerah Istimewa Yogyakarta. Yogyakarta: Riset STTNAS Yogyakarta. (Tidak terbit)
- Rahardjo, W. Sukandarrumidi . dan Rosidi, H. . 1977. Peta Geologi Lembar Yogyakarta. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G).
- Raith, M. M., Raase, P., Reinhardt, J. 2012. Guide to Thin Section Microscopy. 127 p. *Mineralogical Society of America, Chantilly, Virginia*, 2012.
- Syafri, I.; Budiadi, E.; Sudradjat, A. 2013. Geotectonic Configuration of Kulon Progo Area, Yogyakarta. Yogyakarta. JGI:185-190.