

Karakteristik Alterasi dan Mineralisasi Tipe Epitermal Daerah Gunung Budheg dan Sekitarnya, Tulungagung, Jawa Timur

Characteristics of Epithermal Type Alteration and Mineralization in Gunung Budheg Area and Its Surrounding, Tulungagung, East Java

Rinal Khaidar Ali*, Tri Winarno, Muhammad Ainurrofiq Jamalulail

Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia, 50275

*E-mail: rinal_khaidar@yahoo.com

Naskah diterima: 12 November 2019, direvisi: 3 Maret 2020, disetujui: 6 Mei 2020

DOI: 10.17146/eksplorium.2020.41.1.5676

ABSTRAK

Penemuan bongkah-bongkah *vuggy quartz* di sekitar Desa Pojok, daerah Gunung Budheg, Tulungagung, Jawa Timur, mengindikasikan adanya proses endapan mineral di daerah tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk membahas lebih detail karakteristik alterasi dan mineralisasi serta tipe endapan mineral di daerah penelitian. Metode penelitian berupa pengamatan lapangan dilengkapi dengan analisis laboratorium petrografi, *X-ray Diffraction* (XRD) dan mineragrafi. Satuan batuan di daerah penelitian tersusun atas enam satuan litologi yaitu satuan intrusi dasit, satuan lava andesit, satuan breksi andesit, satuan breksi polimik, satuan batugamping terumbu dan aluvium. Tipe alterasi di daerah penelitian adalah alterasi profilitik, argilik, argilik lanjut, dan silisifikasi. Alterasi profilitik dicirikan oleh melimpahnya mineral klorit. Alterasi argilik dicirikan dengan melimpahnya mineral kaolin, sementara argilik lanjut dicirikan oleh hadirnya mineral kaolinit dan alunite. Alterasi silisifikasi yang dicirikan oleh melimpahnya mineral kuarsa. Mineral logam yang ditemukan di daerah penelitian didominasi oleh kelompok mineral sulfida seperti kovelit, kalkosit, enargit, kalkopirit, pirit, dan jarosit. Emas *native* ditemukan berasosiasi dengan enargit. Sistem endapan mineral pada daerah penelitian merupakan sistem epitermal sulfidasi tinggi dicirikan oleh kuarsa berongga (*vuggy quartz*) yang termineralisasi dan kehadiran mineral kaolin sebagai mineral hasil alterasi.

Kata kunci: alterasi, mineralisasi, epitermal, Gunung Budheg, Tulungagung

ABSTRACT

The discovery of vuggy quartz boulders around Pojok Village, Gunung Budheg area, Tulungagung, East Java, indicates the presence of mineral deposits process in this area. This study aims to discuss detailed characteristics of alteration and mineralization as well as mineral deposits type in the study area. The research methods are field observations completed with petrography, X-ray Diffraction (XRD), and mineragraphy laboratory analysis. The rock unit in the study area consists of six lithology units, a dacitic intrusion, andesitic lava, andesitic breccia, poly-mix breccia, reef limestone, and alluvium. The study area's alteration types are profilitic alteration, argillic alteration, advanced argillic, and silicification alteration. The profilitic alteration characterized by the abundance of chlorite minerals. The argillic alteration characterized by the abundance of kaolin minerals, while the advanced argillic alteration by the presence of kaolinite and alunite minerals. The silicification alteration characterized by abundance quartz minerals. The metallic minerals dominated in the area are sulfide minerals such as covellite, chalcocite, enargite, chalcopyrite, pyrite, and jarosite. The native gold found in an association with enargite. The study area's mineral deposit system is an epithermal high sulfidation system characterized by mineralized vuggy quartz and the presence of kaolinite mineral as an alteration mineral.

Keywords: Alteration, mineralization, epithermal, Gunung Budheg, Tulungagung

PENDAHULUAN

Busur Magmatik Sunda Bagian Timur (*Eastern Sunda Magmatic Arc*) dianggap penting karena memberikan deposit emas, perak, dan tembaga, serta prospeknya berkaitan dengan intrusi berumur Miosen Akhir–Pliosen [1]. Busur ini membentang sepanjang 1800 km dan merupakan bagian dari Busur Sunda-Banda yang memiliki panjang sekitar 3940 km [2]. Pulau Jawa, Bali dan Lombok merupakan bagian dari zona Busur Magmatik Sunda Bagian Timur.

Endapan mineral yang ditemukan di zona ini khususnya pada bagian Pegunungan Selatan bagian timur Jawa mempunyai beberapa tipe, antara lain tipe epitermal sulfida rendah Au-Ag (*Au-Ag low-sulfidation epithermal*), urat Au-logam dasar (*Au-base metals veins*), epitermal sulfida tinggi (*high-sulfidation epithermal*), *skarn* Fe, *skarn* Cu-Zn-Pb, dan porfiri Cu-Au (*Cu-Au porphyry*) [3]. Tipe endapan mineral, alterasi dan mineralisasi umumnya berasosiasi dengan produk vulkanik klastik dan batuan intrusi [4].

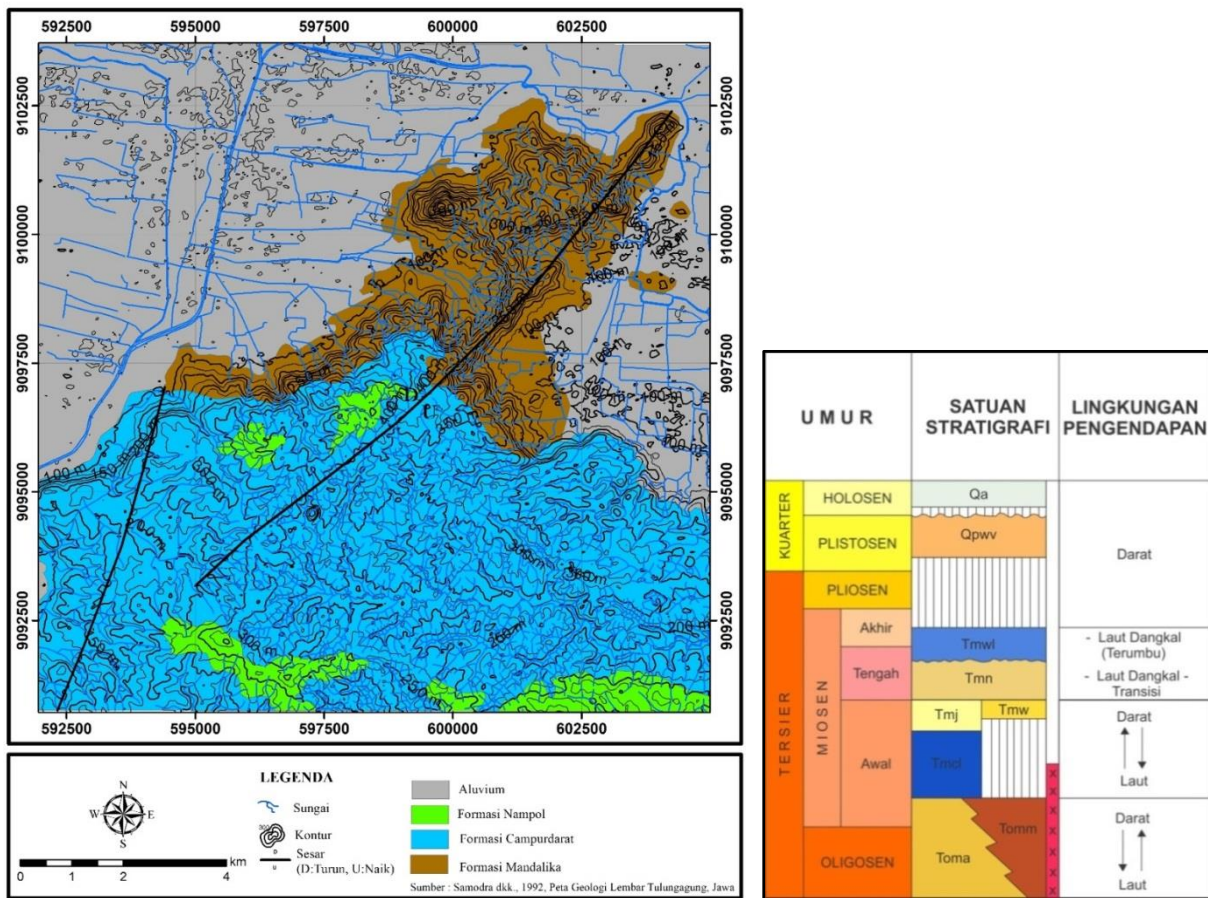
Daerah Tulungagung merupakan salah satu daerah yang termasuk dalam zona Busur Magmatik Sunda Bagian Timur, khususnya pada Pegunungan Selatan bagian timur Jawa. Berdasarkan tataan fisiografi Pulau Jawa, daerah Tulungagung termasuk dalam Lajur Pegunungan Selatan Jawa Timur [5]. Morfologinya terbagi menjadi tiga satuan, yaitu perbukitan, pedataran, dan karst [6]. Stratigrafi yang tersingkap di daerah penelitian mulai dari tua ke muda tersusun atas beberapa Formasi, yakni Formasi Mandalika, Campurdarat, dan Aluvium [6] (Gambar 1).

Kondisi geologi tersebut menyebabkan daerah Tulungagung memiliki prospek mineralisasi logam tembaga dan emas (Cu-

Au). Indikasi mineralisasi ditemukan di Desa Pojok, Kecamatan Campurdarat berupa mineralisasi pada *vuggy quartz* [7]. Desa Pojok merupakan desa yang terletak di area Gunung Budheg. Mineralisasi pada *vuggy quartz* merupakan salah satu penciri keberadaan endapan mineral pada sebuah daerah.

Selain di Desa Pojok, indikasi mineralisasi juga ditemukan di daerah sekitarnya seperti daerah Wonotirto, Blitar dan daerah Prospek Kumbokarno, Trenggalek. Daerah tersebut mempunyai kesamaan kondisi litologi, karakteristik alterasi dan mineralisasi seperti di daerah Tulungagung karena masuk ke dalam zona busur yang sama. Alterasi di daerah Wonotirto berupa alterasi-alterasi kuarsa-alunit-pirofilit-diaspor, kuarsa-paragonit-ilit, smektit-kuarsa, epidot-klorit, dan klorit-kalsit/kalsedon serta *vuggy quartz* ditemukan pada Formasi Mandalika dan Formasi Campurdarat [8]. Sementara itu, di Prospek Kumbokarno alterasi yang ditemukan adalah alterasi klorit-epidot-kalsit dan kuarsa-serisit-pirit, serta ditemukan juga *vuggy quartz* [9]. Sistem endapan mineral di daerah tersebut termasuk ke dalam tipe epitermal sulfida tinggi [8, 9].

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya di sepanjang Pegunungan Selatan Jawa Timur, termasuk di daerah Kabupaten Tulungagung, belum mengulas alterasi dan mineralisasi di area sekitar Gunung Budheg secara detil [7]. Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan karakteristik alterasi dan mineralisasi serta tipe endapan mineral di daerah Gunung Budheg dan sekitarnya, Kecamatan Campurdarat, Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur secara rinci.



Gambar 1. Peta geologi dan stratigrafi regional daerah Tulungagung dan sekitarnya (modifikasi dari [6])

METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengambilan data lapangan dan analisis laboratorium. Data lapangan yang diambil berupa data geologi (litologi, geomorfologi dan struktur), data alterasi, data mineralisasi dan pengambilan sampel batuan untuk analisis laboratorium. Analisis laboratorium yang dilakukan antara lain, analisis petrografi, mineragrafi dan *X-ray diffraction* (XRD).

Analisis petrografi bertujuan untuk mengetahui mineral penyusun batuan sehingga dapat memberi penamaan pada batuan. Beberapa mineral alterasi juga dapat diidentifikasi dengan menggunakan analisis ini. Sampel batuan dipotong dan ditipiskan hingga berukuran kurang lebih 0,03 mm. Pengamatan mineral dilakukan dengan

menggunakan mikroskop polarisator. Jumlah sampel untuk analisis petrografi sebanyak 22 sampel.

Analisis mineragrafi digunakan untuk mengetahui variasi mineral logam (bijih) di daerah penelitian. Sampel batuan yang mengandung mineralisasi dipotong dan dipoles hingga halus agar mineral-mineral logam tampak dengan jelas. Pengamatan mineral dilakukan dengan menggunakan mikroskop cahaya pantul. Sampel yang dianalisis sebanyak 15 sampel batuan.

Analisis XRD dilakukan untuk mengidentifikasi keberadaan mineral alterasi yang menjadi dasar dalam penentuan zona alterasi. Mineral yang dapat diidentifikasi adalah kelompok mineral lempung alterasi. Sampel yang digunakan berjumlah 18 sampel dengan perlakuan *air dried* (clay).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geologi

Geomorfologi daerah penelitian terbagi menjadi tiga satuan geomorfologi, yaitu Satuan Perbukitan Berlereng Curam, Satuan Perbukitan Berlereng Agak Curam, dan Dataran Berlereng Landai. Klasifikasi satuan geomorfologi yang digunakan adalah klasifikasi van Zuidam (1983) yang mengacu pada kelerengan dan beda tinggi [10]. Satuan Perbukitan Berlereng Curam memiliki elevasi terendah 100 mdpl dan tertinggi 425 mdpl dengan beda ketinggian rata-rata 325 mdpl. Rerata kelerengannya sebesar 46% sehingga dikategorikan sebagai lereng curam. Pada Satuan Perbukitan Berlereng Agak Curam, elevasi terendahnya 300 mdpl dan tertinggi 400 mdpl. Rerata beda ketinggian dan kelerengannya mencapai 100 mdpl dan 24% sehingga termasuk ke dalam kategori lereng agak curam. Sementara itu, elevasi terendah 87,5 mdpl dan tertinggi 100 mdpl menempati Satuan Dataran Berlereng Landai dengan rerata beda ketinggian 12,5 mdpl. Rerata kelerengan sebesar 30% sehingga dapat dikategorikan sebagai lereng landai.

Stratigrafi daerah penelitian tersusun atas lima (5) satuan litologi, dari tua ke muda adalah Satuan andesit, Satuan breksi andesit, Satuan dasit, Satuan breksi polimik, Satuan batugamping terumbu dan Satuan aluvium (Gambar 2). Satuan andesit di daerah Gunung Budheg dan sekitarnya secara megaskopis mempunyai ciri-ciri warna hitam keabuan, masif dan terdapat juga struktur *sheeting joint*. Satuan ini diinterpretasikan sebanding dengan Formasi Mandalika yang terbentuk Kala Oligosen Akhir–Miosen Awal [6]. Satuan Andesit diidentifikasi sebagai produk aliran lava [11]. Berdasarkan pengamatan mikroskopis pada sayatan batuan (Gambar 3), batuan memiliki ukuran mineral berkisar

antara 2–3 mm, hipokristalin, *inequigranular*, dengan komposisi mineral penyusun terdiri atas plagioklas (An = 25/oligoklas) sebesar 50%, mikrokristalin plagioklas sebesar 40%, kuarsa sebesar 5% dan klinopiroksen sebesar 5%.

Satuan breksi andesit secara megaskopis mempunyai ciri-ciri berwarna abu-abu kecoklatan, masif, sortasi relatif baik, kemas terbuka. Batuan ini memiliki karakteristik *floating fragment*, yaitu fragmen breksi yang memiliki kenampakan mengambang pada matriks, fragmen berupa *block* dengan tingkat kebundaran *angular–sub angular*. Satuan ini diinterpretasikan sebanding dengan Formasi Mandalika yang terbentuk Kala Oligosen Akhir–Miosen Awal [6]. Berdasarkan hasil pengamatan petrografi, komposisi fragmen Breksi Andesit tersusun atas mineral plagioklas (An = 25/oligoklas) sebesar 40%, mikrokristalin plagioklas sebesar 25%, kuarsa sebesar 5% dan klinopiroksen sebesar 10%.

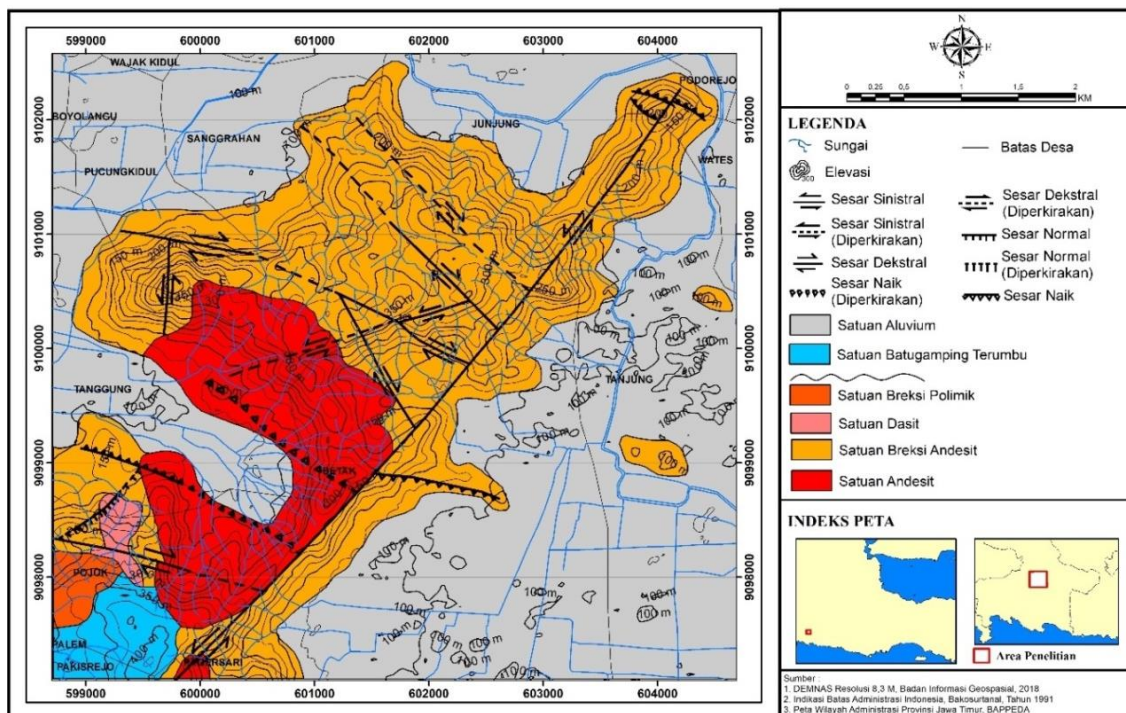
Satuan dasit secara megaskopis mempunyai ciri-ciri berwarna abu-abu, masif dan terdapat struktur kolom. Satuan Dasit hadir sebagai batuan intrusi. Satuan Dasit mengintrusi hanya sampai Formasi Mandalika dan tidak sampai mengintrusi Formasi Campurdarat [12]. Satuan ini diinterpretasikan sebanding dengan batuan intrusi yang terbentuk kala Oligosen Awal–Miosen Awal [6]. Berdasarkan pengamatan petrografis pada sayatan batuan (Gambar 4), batuan memiliki tekstur khusus porfiritik, dengan komposisi mineral penyusun terdiri atas mineral plagioklas (An = 25/oligoklas) sebesar 35%, mikrokristalin plagioklas sebesar 30%, kuarsa sebesar 25%, orthoklas sebesar 5% dan klinopiroksen sebesar 5%.

Satuan breksi polimik secara megaskopis mempunyai ciri-ciri berwarna abu-abu kecoklatan, masif, sortasi buruk, kemas

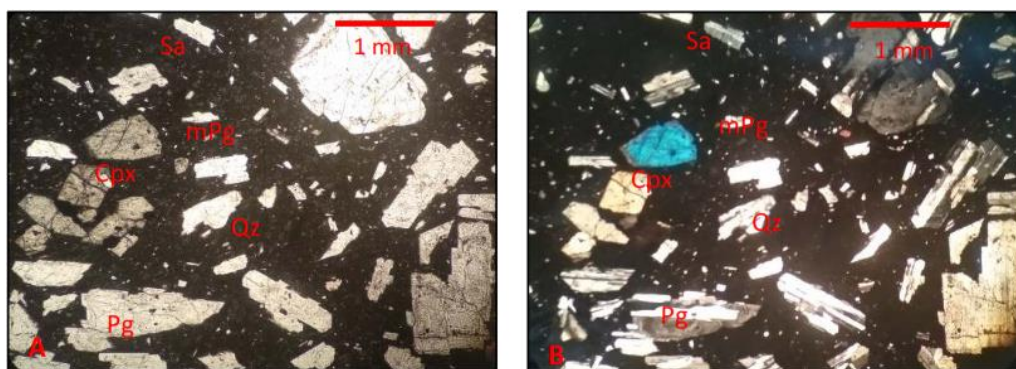
terbuka, *floating fragment*, fragmen tersusun atas andesit teralterasi, dasit teralterasi, dan tuff. Matriks litologi breksi polimik ini mempunyai sifat yang karbonatan. Breksi polimik ini diinterpretasikan sebagai satuan litologi peralihan dari Formasi Mandalika ke Formasi Campurdarat yang terbentuk pada kala Miosen Awal ketika terjadi perubahan lingkungan pengendapan dari lingkungan darat menuju lingkungan laut pada Miosen Awal [6].

Satuan batugamping terumbu secara megaskopis mempunyai ciri-ciri berwarna

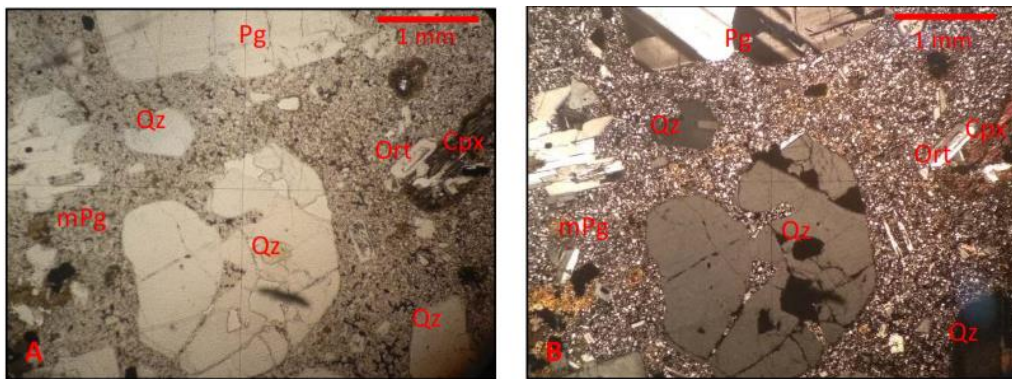
putih keabu-abuan dan masif, serta terdapat kenampakan tekstur sisa dari terumbu berupa koral dan foraminifera. Secara umum singkapan batuan ini diidentifikasi sebagai bagian dari tubuh *barrier reef* yang terbentuk pada lingkungan laut dangkal [13]. Berdasarkan hasil pengamatan petrografi (Gambar 5), batuan memiliki komposisi penyusun batuan yang terdiri dari komponen *allochem* (foraminifera, koral, alga), *orthochem* (spartit), dan porositas (*vug*). *Allochem* mempunyai persentase 35%, *orthochem* 45%, dan porositas 20%.



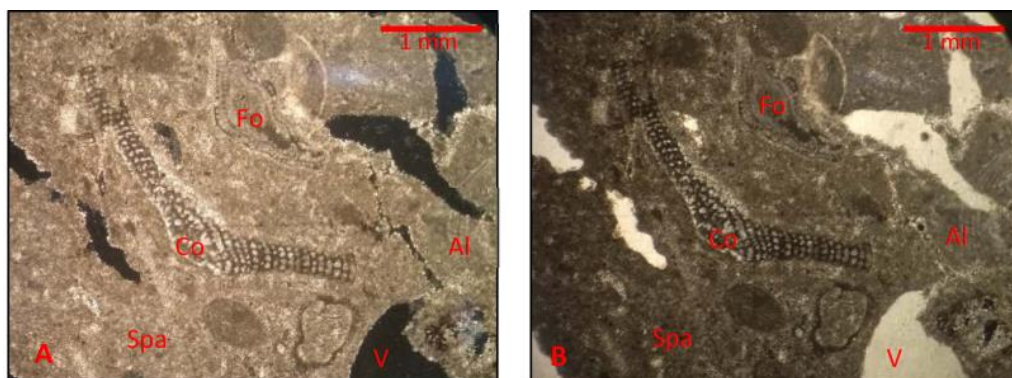
Gambar 2. Peta Geologi daerah Gunung Budhag dan sekitarnya.



Gambar 3. Sayatan petrografi andesit; (A) Nikol sejajar, (B) Nikol bersilang (Pg: Plagioklas, mPg: mikrokristalin Plagioklas, Cpx: Klinopiroksen, Qz: Kuarsa, Sa: Sanidin).



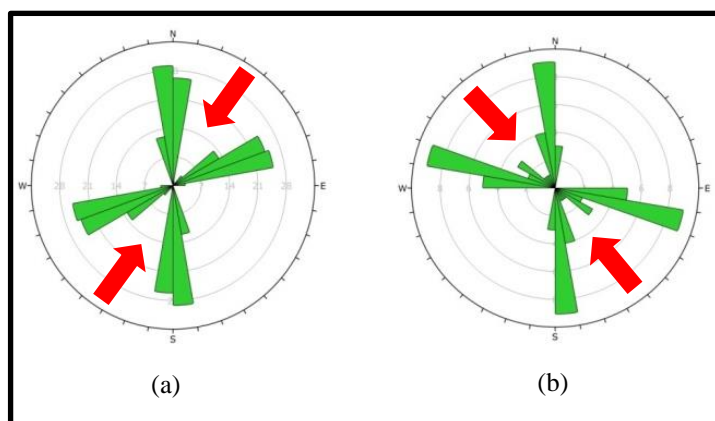
Gambar 4. Sayatan petrografi dasit; (A) Nikol sejajar, (B) Nikol bersilang (Pg: Plagioklas, mPg: mikrokrystalin Plagioklas, Cpx: Clonipiroksen, Qz: Kuarsa, Ort: Orthoklas).



Gambar 5. Sayatan petrografi batugamping terumbu; (A) Nikol sejajar, (B) Nikol bersilang (Fo: Foraminifera; Co: Coral; Al: Alga; Spa: Sparit; V: Vug).

Berdasarkan korelasi antara pola kekar gerus pada daerah penelitian dengan tegasan tektonik regional yang terjadi di daerah Tulungagung dan sekitarnya, struktur geologi yang terbentuk dikontrol oleh dua *event* tektonik yang dominan [14]. Kekar gerus pola 1 merepresentasikan *event* tektonik yang terjadi pada Kala Miosen Awal–Miosen

Akhir dengan gaya tegasan utama berarah timur–barat daya (Gambar 6a). Sementara itu, kekar gerus pola 2 itu, kekar gerus pola 2 merepresentasikan *event* tektonik yang terjadi pada Kala Oligosen Akhir dengan tegasan utama berarah tenggara–barat laut (Gambar 6b).



Gambar 6. Orientasi kekar gerus pola 1 (a) dan kekar gerus pola 2 (b).

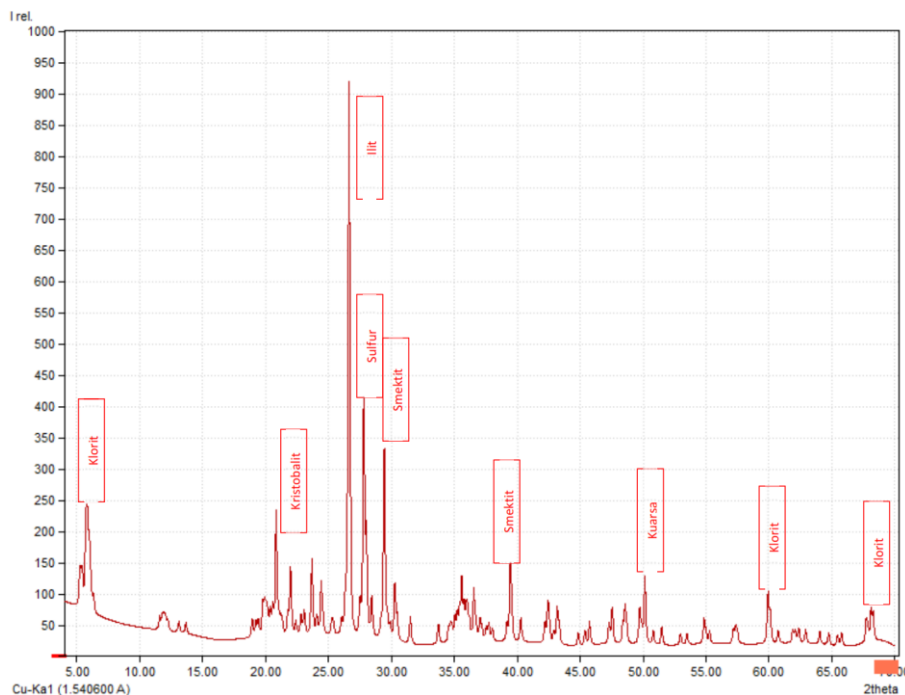
Alterasi dan Mineralisasi

Hasil analisis XRD menunjukkan beberapa mineral yang dapat dikelompokkan sebagai penciri tipe alterasi. Alterasi di daerah penelitian dapat dibagi menjadi empat tipe alterasi, yakni profilitik, argilik, argilik lanjut dan silisifikasi.

Alterasi profilitik dicirikan dengan hadirnya mineral penciri utama yaitu klorit (Gambar 7). Selain itu, tipe alterasi ini dicirikan juga dengan hadirnya mineral illit, smektit, kalsit dan mineral sulfur (Gambar 8). Suhu pembentukan mineral penciri zona alterasi profilitik tersebut diinterpretasikan berkisar 120–220°C (Tabel 1).



Gambar 7. Mineral klorit pada alterasi profilitik.



Gambar 8. Hasil analisis XRD pada sampel di zona alterasi profilitik.

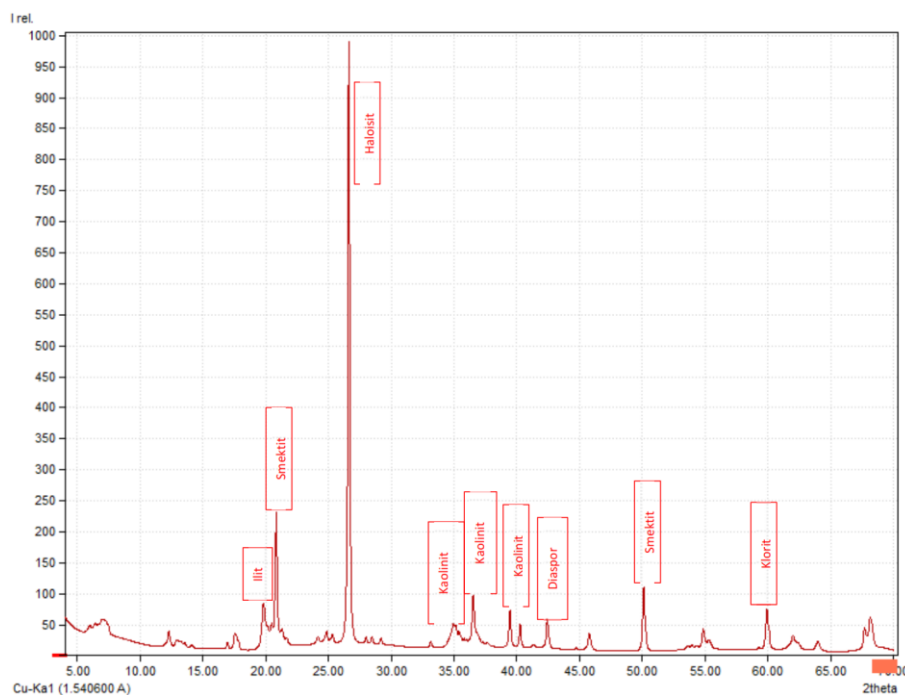
Tabel 1. Mineral penciri utama alterasi profilitik (hasil analisis XRD) di daerah penelitian dan rentang suhu pembentukan mineral [15].

Mineral Penciri	Suhu Pembentukan (°C)					
	50	100	150	200	250	350
Klorit			→			
Illit					→	
Smektit	←					
Kalsit	←					
Sulfur	←					

Alterasi argilik dicirikan dengan hadirnya mineral kaolin (Gambar 9). Hasil analisis XRD menunjukkan kehadiran mineral lempung seperti illit, smektit, haloisit, dan diaspor (Gambar 10). Suhu pembentukan mineral penciri zona alterasi argilik tersebut diinterpretasikan berkisar 120–220°C (Tabel 2).



Gambar 9. Mineral kaolin pada alterasi argilik.



Gambar 10. Hasil analisis XRD pada sampel di zona alterasi argilik.

Tabel 2. Mineral penciri utama alterasi argilik (hasil analisis XRD) di daerah penelitian dan rentang suhu pembentukan mineral [15].

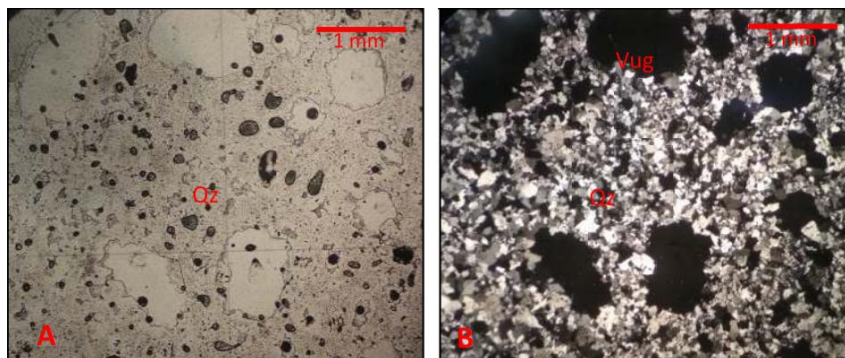
Mineral Penciri	Suhu Pembentukan (°C)						
	50	100	150	200	250	300	350
Kaolinit	←—————						
Illit	←—————		—————				
Smektit	←—————			—————			
Haloisit	←—————		—————				
Diaspor	—————		—————				

Alterasi silisifikasi dicirikan dengan hadirnya kuarsa sebagai mineral penciri utama pada skala singkapan. Tipe alterasi silisifikasi dapat teramati cukup jelas di lapangan yang dicirikan oleh adanya proses silisifikasi batuan, yaitu terubahnya batuan oleh mineral kuarsa (Gambar 13 dan Gambar 14). Dalam kasus silisifikasi pada sistem endapan epitermal sulfida tinggi, proses silisifikasi disertai dengan proses *leaching*

sehingga kuarsa yang terbentuk menghasilkan tekstur yang berongga (*vuggy quartz*). Tekstur *vuggy quartz* terbentuk karena adanya reaksi antara fluida/uap (*vapour*) yang sangat asam (pH rendah) dengan batuan sampling. Fluida atau uap membawa cukup konsentrasi SiO_2 dan bersifat asam akan melarutkan material asal batuan secara ekstrim sehingga terganti dengan SiO_2 dengan tekstur berongga [16].



Gambar 13. Mineral kuarsa pada alterasi silisifikasi.



Gambar 14. Kenampakan petrografis *vuggy quartz*. A. Nikol Sejajar, B. Nikol Bersilang (Vg = Vuggy, Qz = Kuarsa).

Pola alterasi di Gunung Budheg terlihat mengikuti pola penyebaran litologi. Alterasi profilitik banyak terjadi di Satuan breksi andesit, sementara alterasi argilik dan argilik lanjut pada sebaran Satuan andesit, dan alterasi silisifikasi terjadi pada sekitar batuan dasit (Gambar 2 dan Gambar 15). Zona alterasi ini menunjukkan jarak dan tingkat alterasi dari batuan sumber (intrusi dasit) dan

penyebarannya dikontrol oleh struktur dominan berarah timur laut–barat daya (Gambar 15).

Tekstur mineralisasi yang dijumpai di daerah penelitian adalah tekstur breksi hidrotermal (*hydrothermal breccia*), kuarsa *vuggy* termineralkan sebagian (*partially mineralized vuggy quartz*), dan kuarsa *vuggy* termineralkan total (*totally mineralized vuggy*

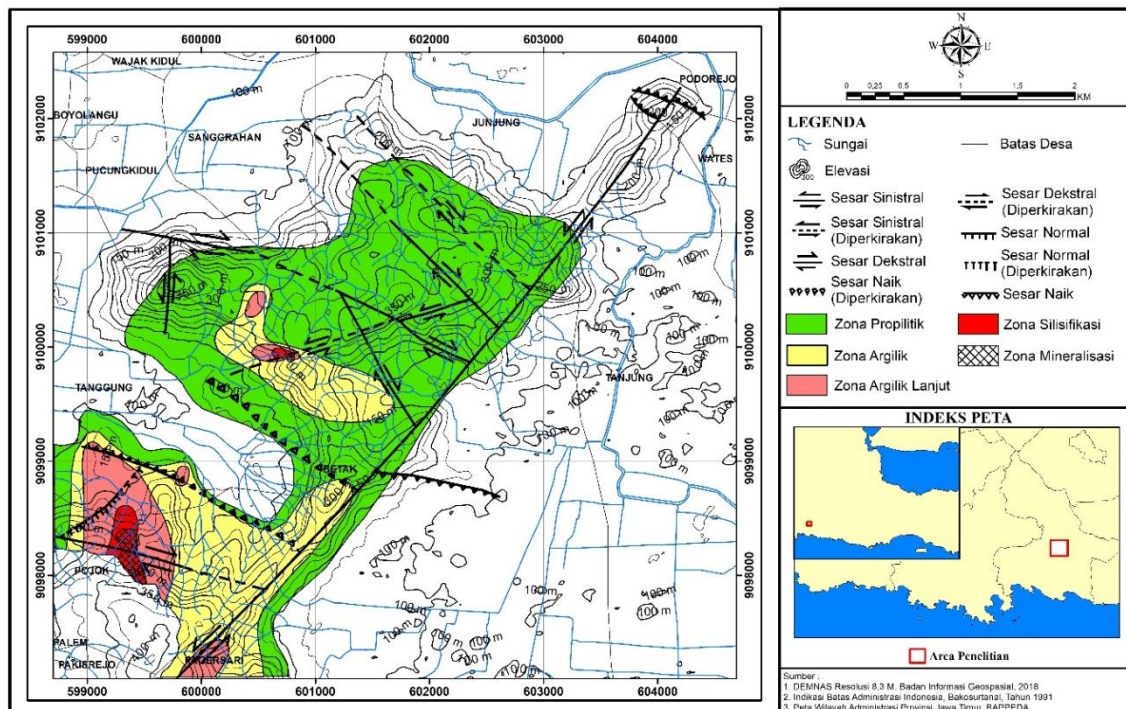
quartz). Mineral logam ditemukan pada batuan tersilisifikasi yang didominasi oleh kelompok mineral sulfida seperti kalkosit, kalkopirit, kovelit, jarosit, pirit dan enargit. Mineral logam ekonomis berupa emas (Au) *native* yang berasosiasi dengan enargit juga hadir.

Breksi hidrotermal di daerah penelitian tersusun atas mineral kuarsa membentuk kenampakan *autobreccia* dan berasosiasi dengan *vuggy quartz* yang juga banyak dijumpai di sekitar lokasi ditemukannya breksi hidrotermal tersebut (Gambar 16a). Pengamatan mineragrafi pada sampel breksi hidrotermal, hasilnya menunjukkan beberapa mineralisasi sulfida seperti kalkosit dan jarosit (Gambar 17a).

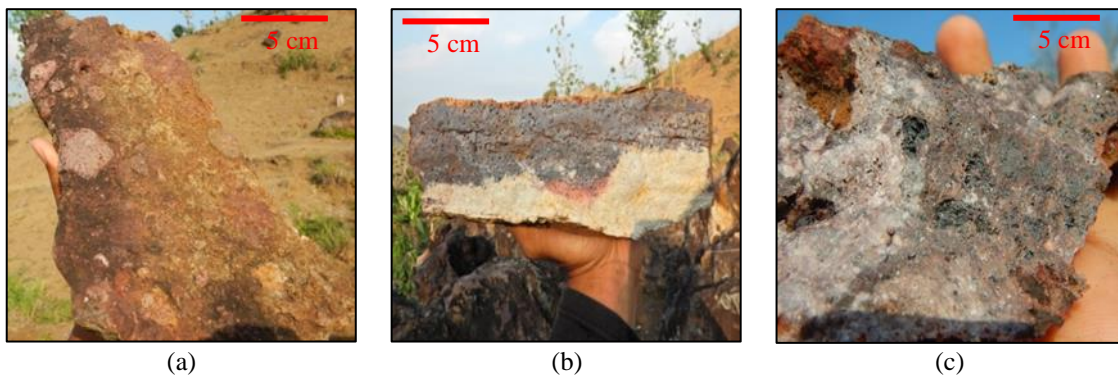
Selain breksi hidrotermal, hasil observasi lapangan juga ditemukan adanya tekstur mineralisasi yang memperlihatkan adanya mineralisasi logam di sebagian tubuh *vuggy quartz* (Gambar 16b). Mineralisasi tersebut terlihat mengisi rongga-rongga kuarsa.

Setelah dilakukan pengamatan mineragrafi, maka dapat diketahui mineral pengisi tersebut didominasi oleh mineral kelompok sulfida seperti kalkosit, kalkopirit, pirit, kovelit, dan jarosit (Gambar 17 b dan c).

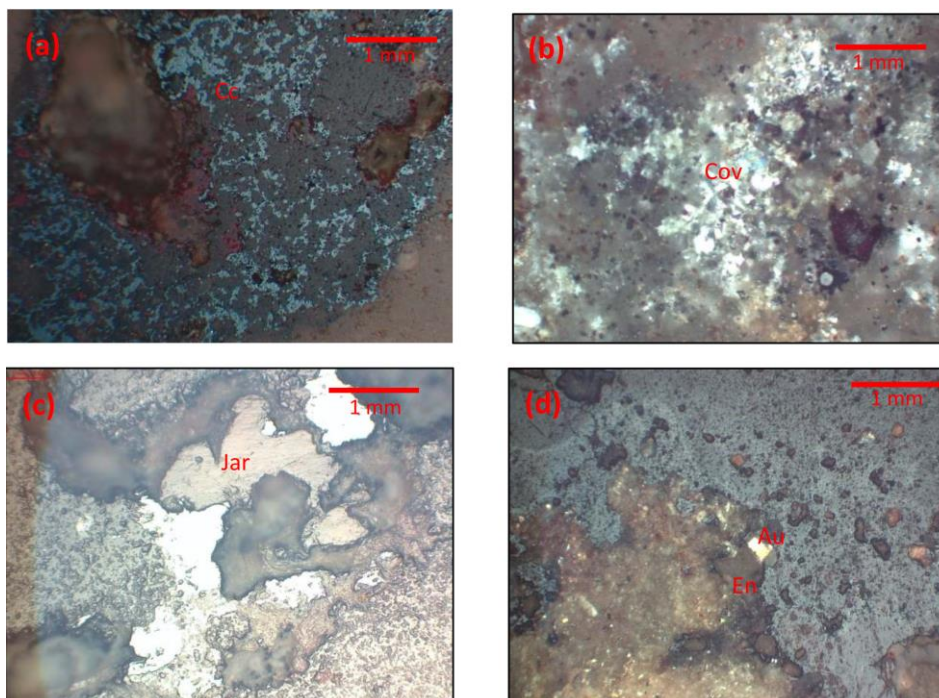
Mineralisasi pada *vuggy quartz* juga menunjukkan adanya tekstur mineralisasi yang memperlihatkan mineralisasi logam di seluruh tubuh *vuggy quartz* (Gambar 16c). Mineralisasi yang mengisi rongga-rongga kuarsa didominasi oleh mineral yang mengandung unsur Cu-Fe-As-S [17]. Berdasarkan pengamatan mineragrafi, pada sampel batuan yang telah mengalami *totally mineralized vuggy quartz* ditemukan kelompok mineral sulfida seperti enargit, kalkopirit dan pirit. Emas *native* yang berasosiasi dengan enargit ditemukan pada tekstur ini (Gambar 17d). Kandungan emas (Au) pada daerah Campurdarat berkisar antara 948–1476 ppb [18].



Gambar 15. Peta zona alterasi daerah Gunung Budheg dan sekitarnya.



Gambar 18. Kenampakan tekstur (a) *hydrothermal breccia*; (b) tekstur *partially mineralized vuggy quartz*; (c) tekstur *totally mineralized vuggy quartz*



Gambar 19. Kenampakan sayatan mineragrafi dari mineral (a) Kalkosit (Cc), (b) Kovelit (Cov), (c) Jarosit (Jar), (d) Emas (Au) *native* yang berasosiasi dengan enargit (En).

Ketersediaan tipe urat berupa *vuggy quartz* merupakan salah satu ciri dari endapan tipe epitermal sulfida tinggi (*epithermal high sulfidation*) [19]. Selain itu, ketersediaan mineral kaolin yang melimpah pada alterasi argilik juga merupakan penciri dari tipe endapan ini [20]. Endapan tipe epitermal sulfida tinggi memiliki fluida hidrotermal yang cenderung bersifat asam [21], sehingga menghasilkan Tipe urat dominan *vuggy*

quartz dan mineral yang terbentuk pada kondisi asam seperti kaolinit. Pada daerah penelitian ditemukan tipe urat *vuggy quartz* dan terdapat mineral alterasi kaolinit yang cukup melimpah, sehingga dapat diinterpretasikan endapan mineral di daerah penelitian merupakan endapan mineral tipe epitermal sulfida tinggi (*epithermal high sulfidation*).

KESIMPULAN

Alterasi di daerah Gunung Budheg dan sekitarnya terdiri empat tipe alterasi yaitu alterasi profilitik, argilik, argilik lanjut, dan silisifikasi. Alterasi dikontrol oleh sebaran litologi dan keberadaan struktur timur laut–barat daya. Alterasi silisifikasi terjadi di dekat batuan sumber, yaitu intrusi dasit, kemudian semakin menjauh hingga membentuk alterasi profilitik pada breksi andesit. Alterasi profilitik dicirikan oleh kehadiran klorit, epidot dan kalsit. Alterasi argilik dicirikan oleh kehadiran illit, smektit, haloisit dan kaolinit. Alterasi argilik lanjut dicirikan oleh kehadiran alunite, kaolinit, pirofilit dan diaspor. Alterasi silisifikasi dicirikan oleh kehadiran kuarsa berongga (*vuggy quartz*). Mineralisasi logam pada tubuh *vuggy quartz* didominasi oleh kelompok mineral sulfida seperti kovelit, kalkosit, enargit, kalkopirit, pirit, dan jarosit. Emas *native* ditemukan berasosiasi dengan mineral enargit. Tipe endapan mineral di daerah penelitian merupakan tipe epitermal sulfida tinggi (*epithermal high sulfidation*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro yang telah memberikan dukungan fasilitas laboratorium. Terima kasih juga kami sampaikan kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Barubara (Puslitbang tekMIRA) yang telah memberikan fasilitas untuk analisis XRD sehingga atas bantuan dari pihak-pihak tersebut penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Maryono, L. D. Setijadji, J. Arif, dan R. Harrison, "Gold, Silver, and Copper Metallogeny of the Eastern Sunda Magmatic Arc Indonesia" *Majalah Geologi. Indonesia*, vol. 29, no. 2, pp. 85–99, 2014.
- [2] J. Carlile dan A. H. Mitchell, "Magmatic Arcs and Associated Gold and Copper Mineralization in Indonesia," *Journal of Geochemical Exploration.*, vol. 50, no. 91–142, 1994.
- [3] L. D. Setijadji, S. Kajino, A. Imai, dan K. Watanabe, "Cenozoic Island Arc Magmatism in Java Island (Sunda Arc, Indonesia): Clues on Relationships Between Geodynamics of Volcanic Centers and Ore Mineralization," *Resource. Geology.*, vol. 56, no. 3, pp. 267–292, 2006, doi: 10.1111/j.1751-3928.2006.tb00284.x.
- [4] S. Sirisokha, L. D. Setijadji, dan I. W. Warmada, "Mineral Potential Mapping Using Geographic Information Systems (GIS) for Gold Mineralization in West Java, Indonesia," *Journal of Applied. Geology*, vol. 7, no. 1, p. 61, 2015, doi: 10.22146/jag.26980.
- [5] R. W. Van Bemmelen, "*The Geology of Indonesia, Vol. 1A*". Netherland: The Hague, 1949.
- [6] H. Samodera, Suharsono, S. Gafoer, dan T. Suwarti, "*Peta Geologi Lembar Tulungagung Skala 1:100.000*", Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, 1992.
- [7] W. Widodo dan S. Simanjuntak, "Hasil Kegiatan Eksplorasi Mineral Logam Daerah Pegunungan Selatan Jawa Timur (JICA/MMAJ-Jepang) dan Cianjur (KIGAM-Korea)," *Kolok. Direktorat Inventar. Sumber Daya Mineral. TA. 2002*, pp. 8-1–8-14, 2002.
- [8] S. Masti dan A. Idrus, "Geologi, Alterasi dan Mineralisasi Endapan Epitermal Sulfidasi Tinggi di Daerah Wonotirto dan Sekitarnya, Kabupaten Blitar, Provinsi Jawa Timur, Indonesia," *Prosiding Seminar Kebumihan Ke-12, Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Geologi*, pp. 1078–1095, 2019.
- [9] F. Aldan, A. Idrus, R. Takahashi, dan G. Kaneko, "Spatial and Temporal Constraints of Leached Cu-Au Porphyry Shoulder High-sulfidation Epithermal Deposit: Insight from New Discovered Kumbokarno Prospect, Trenggale District, East Java" *Journal of Physics Conference Series*, vol. 1367, pp. 1–14, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1367/1/012037.

- [10] R. A. Van Zuidam, "Guide to Geomorphologic Aerial Photographic Interpretation and Mapping" Netherland: ITC: Enschede The Netherlands, 1983.
- [11] R. Abdissalam, S. Bronto, A. Harijoko, dan A. Hendratno, "Identifikasi Gunung Api Purba Karangtengah di Pegunungan Selatan, Wonogiri, Jawa Tengah" *Indonesian Journal Geoscience*, vol. 4, no. 4, 2009, doi: 10.17014/ijog.v4i4.85.
- [12] D. Yudiantoro, A. B. Riarto, L. Agie, D. Agus, dan I. Takhasima, "Analisis Alteration Box Plot Terhadap Batuan Vulkanik Terubah, Studi Kasus Batuan Vulkanik Binangun Jawa Timur," *Journal Ilmu Kebumihan Teknologi Mineral*, vol. 28, no. 1, pp. 13–20, 2010.
- [13] Praptisih dan M. Siregar, "Fasies Karbonat Formasi Campurdarat di Daerah Tulungagung, Jawa Timur," *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, vol. 22, no. 2, pp. 65–72, 2012.
- [14] C. I. Abdullah, N. A. Magetsari, dan H. S. Purwanto, "Analisis Dinamik Tegangan Purba pada Satuan Batuan Paleogen – Neogen di Daerah Pacitan dan Sekitarnya, Provinsi Jawa Timur Ditinjau dari Studi Sesar Minor dan Kekar Tektonik" *ITB Journal of Science*, vol. 35, no. 2, pp. 111–127, 2003, doi:10.5614/itbj.sci.2003.35.2.3.
- [15] K. Morrison, "Important Hydrothermal Minerals and Their Significance". United Kingdom: Kingston Morrison Mineral Service, 1997.
- [16] P. Voudouris, C. Mavrogonatos, P. G. Spry, T. Baker, V. Melfos, R. Klemd, K. Haase, A. Repstock, A. Djiba, U. Bismayer, A. Tarantola, S. Scheffer, R. Moritz, K. Kouzmanov, D. Alferis, K. Papavassilou, A. Schaarschmidt, E. Galanopoulos, E. Galanos, J. Kolodziejczyk, C. Stregiou dan M. Melfou, "Porphyry and Epithermal Deposits in Greece: An Overview, New Discoveries, and Mineralogical Constraints on Their Genesis" *Ore Geology Reviews*, vol. 107, pp. 654–691, 2019, doi: 10.1016/j.oregeorev.2019.03.019.
- [17] M. M. Tun, I. W. Warmada, A. Idrus, A. Harijoko, O. Verdiansyah, dan K. Watanabe, "High Sulfidation Epithermal Mineralization and Ore Mineral Assemblages of Cijulang Prospect, West Java, Indonesia," *Journal of Applied Geology*, vol. 6, no. 1, 2015, doi: 10.22146/jag.7215.
- [18] W. Widodo, S. A. Prpto, dan I. Nursahan, "Inventarisasi dan Evaluasi Mineral Logam di Pegunungan Selatan Jawa Timur (Kabupaten Pacitan, dll), Jawa Timur," *Kolokium Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral. TA. 2002*, pp. 17–1 – 17–10, 2002.
- [19] A. Arribas, "Characteristics of High-Sulfidation Epithermal Deposits, and Their Relation to Magmatic Fluid" *Mineralogical Association of Canada Short Course*, vol. 23, pp. 419–454, 1995, doi: 10.1186/2193-1801-3-130.
- [20] D. Moncada, J. D. Rimstidt, dan R. J. Bodnar, "How to Form a Giant Epithermal Precious Metal Deposit: Relationships Between Fluid Flow Rate, Metal Concentration of Ore-forming Fluids, Duration of the Ore-forming Process, and Ore Grade and Tonnage" *Ore Geology Reviews*, vol. 113, p. 103066, 2019, doi: 10.1016/j.oregeorev.2019.103066.
- [21] T. Bissig, A. H. Clark, A. Rainbow, dan A. Montgomery, "Physiographic and Tectonic Settings of High-sulfidation Epithermal Gold-silver Deposits of the Andes and Their Controls on Mineralizing Processes" *Ore Geology Reviews*, vol. 65, no. P1, pp. 327–364, 2015, doi: 10.1016/j.oregeorev.2014.09.027.