

GEOLOGI DAN STUDI KENDALI STRUKTUR GEOLOGI TERHADAP ALTERASI DAN MINERALISASI EPITHERMAL SULFIDA RENDAH-MENENGAH DI KECAMATAN KARANGTENGAH, KABUPATEN WONOGIRI, PROVINSI JAWA TENGAH

Galih Imam Priyadi¹
Heru Sigit Purwanto² dan Sutarto²

¹Mahasiswa Teknik Geologi, UPN “Veteran” Yogyakarta

²Dosen Teknik Geologi, UPN “Veteran” Yogyakarta

Email: priyadigalih@gmail.com

No. HP : 082218414470

ABSTRAK

Daerah penelitian secara administratif berada di Kecamatan Karangtengah, Kabupaten Wonogiri, Provinsi Jawa Tengah, sedangkan posisi geografis daerah penelitian berada pada koordinat 9115965 mU – 9120965 mU dan 507060 mT – 512060 mT (UTM zona 49S) dengan luas wilayah 25 km². Geologi daerah penelitian terdiri dari empat satuan geomorfologi, yaitu Satuan Gawir Sesar, Pegunungan Homoklin, Lereng Homoklin dan Lembah Struktural. Sedangkan satuan batuan dari tua ke muda adalah Satuan breksi-tuf Arjosari, Satuan lava-andesit Mandalika, Intrusi Dasit, Intrusi Andesit, Satuan batupasir-tufan Semilir dan Intrusi Andesit Kuarsa. Struktur geologi di daerah penelitian dihasilkan oleh tiga arah tegasan purba yang berbeda, yaitu pada Kala Miosen Awal dengan arah tenggara - baratlaut 52°, N325°E atau N145°E (sesar geser kanan tenggara - baratlaut dan sesar geser kiri utara – selatan). Tegasan kedua terjadi pada Kala Miosen Tengah berarah utara selatan 62°, N5°E atau N185°E (sesar geser kanan utara baratlaut - selatan tenggara dan sesar geser kiri timurlaut – baratdaya). Tegasan terakhir bermur Plio - Pleistosen berarah utara timurlaut - selatan baratdaya 47°, N20°E atau N200°E yang menghasilkan sesar naik yang memotong seluruh satuan batuan dan litodem. Alterasi hidrothermal yang ada di daerah penelitian meliputi Zona Argilik Lanjut (Silika, Alunit ± Pirofilit, ±Klorit, dan ±Pirit), Zona Silisik (didominasi oleh Kuarsa), Zona Argilik (Illite, Halloysit, Montmorilonit, ±Pirit, ±Kuarsa) dan Zona Propilitik (Klorit, Kalsit, Pirit, ±Halloysit). Mineralisasi yang ada adalah Cu-Zn-Pb yang dikontrol oleh sesar – sesar hasil dari tegasan purba Miosen Tengah, dengan arah urat kuarsa tekanan yang ada di daerah penelitian memiliki kedudukan (N178°E/85°) dan N18°E/71° dan urat kuarsa tarikan N215°E/75°. Berdasarkan tipe alterasi dan mineralisasi yang ada, daerah penelitian penulis kelompokkan kedalam tipe endapan Epithermal Sulfida Rendah – Epithermal Sulfida Menengah dengan batas transisi diperkirakan (Silitoe, 2015).

Kata Kunci: *Struktur, Miosen Tengah, alterasi, mineralisasi, Urat, Sulfida rendah-menengah.*

ABSTRACT

Research area is located in Karangtengah, Wonogiri, Central Java Province, whereas based on the geographic projection system located in 9115965 mN – 9120965 mN and 507060 mE – 512060 mE (UTM zone 49S) with 25sqKm of area. Resesarch area has four geomorphology unit, there are Fault Scarp, Homoclinal Mountaines,Structutal Slope and Structutal Valley. The stratigraphic unit is divided from the oldest to the youngest are, breksi-tuf Arjosari unit, lava-andesit Mandalika unit, Dacite intrusion, batupasir-tufan Semilir unit, Andesit intrusion anda Quartz andesit intrusion. Geology structure in the resarch area is generated by three different stress, first on the Early Miocen 52°, N325°E or N145°E generated right slip fault with southeast – northwest orieantation and left slip fault with north – south orientatiom. Second in Middle Miocen 62°, N5°E or N185°E generated right slip fault with north northwest – south southeast orientattion anda left slip fault with northeast – southwest orientation, and last is in Pliocen – Pkeistocen 47°, N20°E atau N200°E generated reverse slip fault which cut all the older fault. There are four type of hydrothermal alteration, Advanced Argilik Zone (Silika, Alunit ± Pirofilit, ±Klorit, dan ±Pirit), Silisification Zone (Dominated by silica group), Argilik Zone (Illite, Halloysit, Montmorilonit, ±Pirit, ±Kuarsa), and Propilitic Zone (Klorit, Kalsit, Pirit, ±Halloysit). Ore eleman which appear in the research area are Cu-Zn-Pb controlled by fault generated in the Middel Miocen, found in some compressive vein N178°E/85° and N18°E/71°, and in tentional vein N215°E/75°. By the type of alteration and ore minerals which found, the writer divided in to two types of hidrothermal deposit, there are Los Sulphide trantisional to Intermediate Sulphide Epithermal in the research area.

PEDAHULUAN

Kecamatan Karangtengah, Kabupaten Wonogiri merupakan bagian dari fisiografi Pegunungan Selatan Jawa Timur (Van Bemmelen, 1949) yang tersusun oleh batuan berumur Tersier hasil dari kegiatan gunung api purba busur kepulauan (Soeria-Atmadja dkk, 1994). Di dalam lembar peta geologi regional Pacitan, Kecamatan Karangtengah terdiri atas Formasi Arjosari yang memiliki hubungan menjari dengan Formasi Mandalika berumur Oligosen Akhir - Miosen Awal, Formasi Semilir berumur Miosen Awal yang secara selaras menindih Formasi Mandalika, serta batuan terobosan Andesit yang berumur Oligosen - Miosen Awal (Samodra dkk, 1992). Aktifitas tektonik yang pernah terjadi di daerah tersebut berjalan dengan kuat dan telah mengalami evolusi sebanyak tiga kali, yaitu pada periode tektonik Miosen Awal, periode Miosen Tengah dan periode Pliosen - Pleistosen (Abdullah dkk, 2003).

Proses vulkanisme purba serta tegasan purba yang pernah bekerja di daerah tersebut merupakan proses geologi yang dapat menghasilkan deposit mineral, dua faktor tersebut diduga memiliki hubungan sebab akibat terhadap proses alterasi, mineralisasi serta tipe endapan hidrothermal yang mungkin terbentuk.

METODE

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode pemetaan geologi semi detail dengan cara pengumpulan data-data geologi seperti deskripsi batuan, deskripsi mineral ubahan, mineral bijih, pengukuran kedudukan batuan dan struktur geologi, serta pengambilan contoh batuan pada lokasi penelitian yang ditentukan secara acak (*random sampling*) dan analisis laboratorium meliputi analisa struktur geologi, analisa sayatan tipis, analisa sayatan poles dan analisa XRD (*x-ray diffraction*).

PEMBAHASAN

1. GEOLOGI REGIONAL

Berdasarkan kajian geologi regional daerah penelitian merupakan bagian dari fisiografi Pegunungan Selatan Jawa Timur (Bemmelen, 1949), disusun oleh Formasi Arjosari, Formasi Mandalika, Formasi Semilir dan Batuan Terobosan Andesit (Samodra dkk, 1992).

Formasi Arjosari disusun oleh endapan turbidit atau sedimen yang dipengaruhi oleh gejala pelengseran bawah laut yang berselingan dengan batuan gunungapi. Litologi pada formasi ini terdiri dari breksi aneka bahan, batupasir, batupasir tufan, batulempung, napal pasiran, dan batulempung gampingan bersisipan breksi batuapung dan batugamping. Bagian atasnya berselingan dengan breksi gunungapi, lava, dan tuf.

Formasi Mandalika disusun oleh batuan gunung api bersisipan batuan klastik (gunung api) yang diendapkan di lingkungan laut dangkal. Bagian bawah satuan ini disusun oleh perulangan breksi gunungapi, lava dan tuf; bersisipan batupasir tufan, batulempung dan breksi aneka bahan. Sedimen klastiknya berkurang semakin ke atas, sehingga bagian tengah formasi disusun oleh perulangan breksi gunungapi dan lava, bersisipan batulempung. Bagian atas formasi disusun oleh lava bantal bersisipan breksi basal dan batulempung tufan. Satuan ini diterobos oleh dasit, andesit dan basal, yang sebagian berupa retas bersusunan andesit-basal.

Formasi Semilir disusun oleh batuan hasil dari kegiatan gunung api berupa batupasir tufan, breksi tuf, perselingan dengan tuf yang diendapkan pada lingkungan darat hingga laut dangkal.

Peta Geologi Lembar Pacitan terdapat empat arah kelurusan struktur geologi dari hasil deformasi tektonik dalam kurun waktu Tersier hingga Kuartar. Kelurusan-kelurusan tersebut adalah kelompok sesar yang berarah Baratlaut - Tenggara (N310°E - N330°E), Utara - Selatan (N350°E - N10°E), Timurlaut - Baratdaya (N45°E - N50°E) dan Barat - Timur (N80°E). Hasil rekonstruksi arah tegasan purba yang didasarkan pada studi sesar-sesar minor dan kekar-kekar gerus diperoleh tiga arah tegasan utama, yaitu: Pertama, tegasan yang terjadi pada kala Miosen Awal mempunyai arah σ_1 berkisar antara 15°, N164°E - 09°, N170°E yang menyebabkan terbentuknya sesar berarah NW - SE dan struktur lipatan. Kedua, tegasan yang terjadi pada kala Miosen Tengah mempunyai arah σ_1 berkisar antara 16°, N192°E - 15°, N196°E yang menyebabkan terbentuknya sesar berarah NE - SW dan N - E. Ketiga tegasan yang terjadi pada kala Plio-Pleistosen mempunyai arah $\sigma_1 = 14^\circ$, N198°E yang menyebabkan teraktifnya kembali sesar-sesar yang telah terbentuk sebelumnya (Abdullah dkk, 2003).

2. GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

a. Geomorfologi

Berdasarkan klasifikasi yang dibuat oleh Verstappen (1985), daerah telitin dibagi menjadi empat satuan bentuk lahan, yaitu Satuan Gawir Sesar (S1), Satuan Pegunungan Homoklin (S2), Satuan Lereng Homoklin (S3) dan Satuan Lembah Homoklin (S4).

Satuan Gawir Sesar (S1), penamaan satuan ini didasarkan pada kelurusan lereng curam yang berasosiasi dengan keberadaan bidang sesar yang dijumpai sepanjang lereng-lereng tersebut. Satuan ini menempati 17% dari luas wilayah daerah penelitian, dengan morfometri lereng agak curam - curam yang berada di bagian belahan selatan daerah penelitian berarah utara - selatan, sebagian memanjang relatif barat - timur. Berada pada satuan batuan yang disusun oleh Breksi vulkanik, Breksi tufan dan Lava andesit.

Satuan Pegunungan Homoklin (S2), Satuan ini menempati 20% wilayah penelitian, berada di bagian tengah daerah penelitian dengan ketinggian 850 – 1025 mdpl, disusun oleh banyak puncak – puncak yang terdistribusi secara menyebar, memiliki morfometri landai – miring dengan bagian dominasi soil di bagian permukaannya. Satuan ini berasosiasi dengan Satuan lava-andesit Mandalika yang disusun oleh perselingan Lava andesit dengan Breksi vulkanik. Terbentuk akibat proses pengangkatan dengan distribusi kemiringan batuan ke arah barat laut.

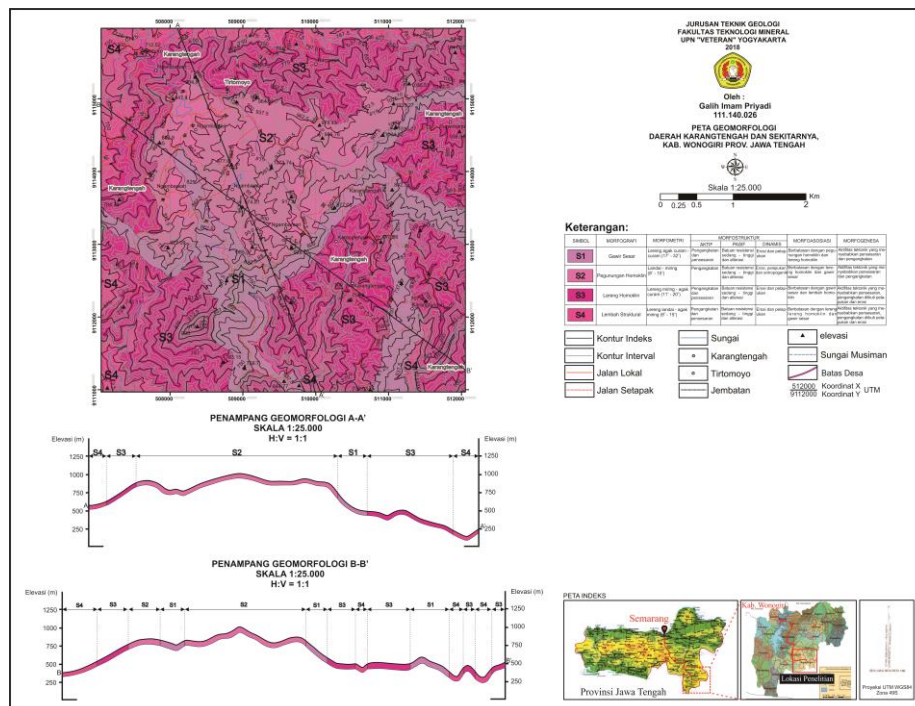
Satuan Lereng Homoklin (S3), satuan geomorfologi ini memiliki kelerengan miring – agak curam dengan luasan wilayah mencapai 48% dari luas daerah penelitian, berasosiasi dengan litologi Breksi vulkanik, Lava andesit dan Breksi tufan. Pada lereng homoklin bagian utara arah lereng searah dengan kemiringan batuan (dipslope), sementara lereng bagian selatan memiliki arah yang berlawanan dengan arah kemiringan batuan.

Satuan Lembah Struktural (S4), satuan geomorfologi ini tersebar di bagian terluar daerah penelitian, berasosiasi dengan batuan resistensi sedang-lemah seperti tuf, batupasir tufan dan breksi tufan. Memiliki kelerengan landai – agak miring dan menempati luas wilayah 15% dari total luasan daerah penelitian. Satuan bentuk lahan ini terbentuk akibat proses pelapukan pada zona lemah di sekitar sesar – sesar yang ada di daerah penelitian, pada bentuk lahan ini sering dijumpai alur liar yang menyingkap batuan berbutir halus.

Satuan Bentuklahan Bukit Intrusi (V2), Satuan bentuklahan ini menempati luas sekitar 10% dari total daerah penelitian. Satuan ini secara morfografi berupa perbukitan, dengan topografi perbukitan dan kelerengan miring hingga sangat curam. Material penyusun bentukan ini merupakan batuan beku diorit.

Tabel 1. Pemerian geomorfologi daerah penelitian

SIMBOL	MORFOGRAFI	MORFOMETRI	MORFOSTRUKTUR			MORFOASOSIASI	MORFOGENESA
			AKTIF	PASIF	DINAMIS		
S1	Gawir Sesar	Lereng agak curam - curam (17° - 32°)	Pengangkatan dan pensesaran	Batuan resistensi sedang - tinggi dan alterasi	Erosi dan pelapukan	Berbatasan dengan pegunungan homoklin dan lereng homoklin	Aktifitas tektonik yang menyebabkan pensesaran dan pengangkatan
S2	Pegunungan Homoklin	Landai - miring (8° - 15°)	Pengangkatan	Batuan resistensi sedang - tinggi dan alterasi	Erosi, pelapukan dan antropogenik	Berbatasan dengan lereng homoklin dan gawir sesar	Aktifitas tektonik yang menyebabkan pensesaran dan pengangkatan
S3	Lereng Homoklin	Lereng miring - agak curam (11° - 20°)	Pengangkatan dan pensesaran	Batuan resistensi sedang - tinggi dan alterasi	Erosi dan pelapukan	Berbatasan dengan gawir sesar dan lembah homoklin	Aktifitas tektonik yang menyebabkan pensesaran, pengangkatan diikuti pelapukan dan erosi
S4	Lembah Struktural	Lereng landai - agak miring (8° - 15°)	Pengangkatan dan pensesaran	Batuan resistensi sedang - tinggi dan alterasi	Erosi dan pelapukan	Berbatasan dengan lereng homoklin dan gawir sesar	Aktifitas tektonik yang menyebabkan pensesaran, pengangkatan diikuti pelapukan dan erosi



Gambar 1. Peta Geomorfologi

b. Stratigrafi Daerah Penelitian

Berdasarkan kajian lapangan dan pengolahan data, enam satuan batuan tidak resmi yang ada di daerah penelitian dari tua ke muda adalah sebagai berikut:

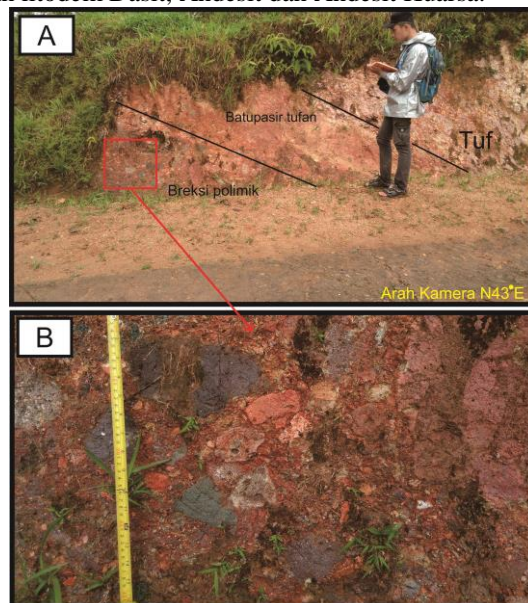
1. Satuan breksi-tuf Arjosari
2. Satuan lava-andesit Mandalika
3. Intrusi dasit
4. Satuan batupasir-tufan Semilir
5. Intrusi andesit
6. Instrusi andesit kuarsa
7. Endapan Fluvial

Seluruh wilayah penelitian telah mengalami proses alterasi, mulai dari lemah hingga kuat, hal tersebut mengakibatkan tidak ditemukaannya kandungan fosil sebagai dasar penentuan umur relatif satuan litostratigrafi yang penulis telah buat, sehingga penulis menggunakan data dan kajian umur geologi dari penulis terdahulu Samodra, dkk (1992) dan Soeria-Atmadja (1994), sedangkan posisi dan hubungan stratigrafi didapatkan dari penelitian lapangan.

Tabel 2. Kolom stratigrafi daerah penelitian

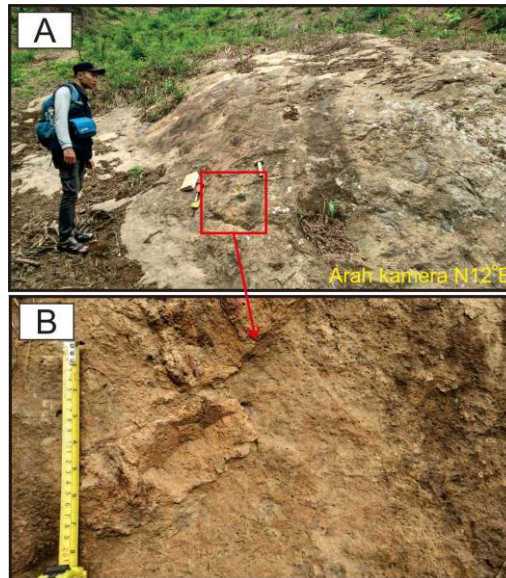
Skala Waktu Geologi			Litostratigrafi	Litodem	Tegasan Purba	
Masa	Zaman	Kala				
Kenozoikum	Kuartar	Holosen	Endapan fluvial		→ ← 47° N020°E	
		Pleistosen				
		Pliosen				
	Neogen	Miosen	Akhir		Andesit Kuarsa	→ ← 52° N005°E
			Tengah	Satuan batupasir-tufan Semilir	Andesit	
			Awal		Dasit	→ ← 52° N325°E
	Paleogen	Oligosen		Satuan breksi-tuf Arjosari		
					Satuan lava andesit Mandalika	

Satuan beksi-tuf Arjosari, satuan ini tersusun oleh breksi polimik berstruktur *graded bedding* perselingan dengan batupasir tufan dengan fragmen litik batuapung dan sisipan lava. Dengan karakteristik yang dijumpai di lapangan berwarna lapuk coklat kemerahan, ukuran butir lanau – berangkal, terdiri dari fragmen aneka bahan dengan massa dasar asal sulit diidentifikasi karena hampir keseluruhan tubuh satuan batuan ini telah mengalami alterasi kaya akan mineral lempung dan mineral silika. Intensitas ubahan sedang – kuat dengan mineral ubahan yang muncul Klorit, Kalsit, Kalsedon dan kelompok mineral lempung. Satuan batuan ini memiliki hubungan beda fasies secara lateral dengan Satuan lava-andesit Mandalika berupa hubungan menjari (*interfinger*) serta memiliki hubungan kontak intrusi dengan litodem Dasit, Andesit dan Andesit Kuarsa.



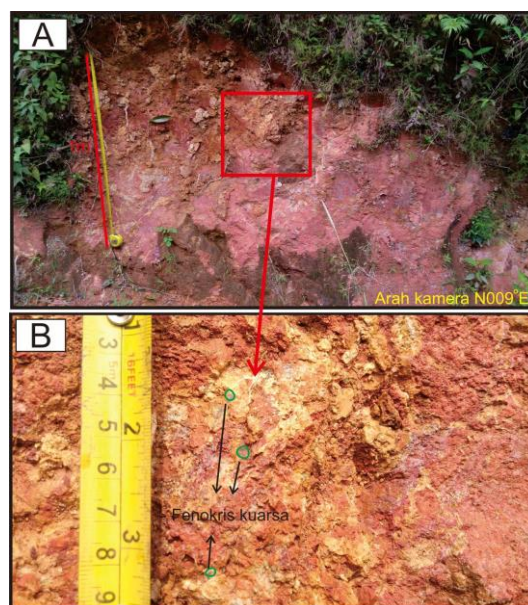
Gambar 2. Singkapan satuan breksi-tuf Arjosari

Satuan lava-andesit Mandalika, litologi penyusun adalah perselingan Lava andesit dengan Breksi tufan dan Breksi vulkanik serta sisipan Batupasir tufan. Lava andesit memiliki struktur kekar berlembar dengan tekstur hipokristalin, ukuran kristal fanerik hingga afanitik dengan mineral penyusun amphibol, piroksen, plagioklas dan massa dasar gelas. Sebagian besar mineral mafik telah berubah menjadi klorit dan plagioklas berubah menjadi kalsit. Sementara breksi vulkanik pada satuan batuan ini memiliki struktur masif dengan ukuran butir pasir sedang hingga berangkal, fragmen tersusun oleh batuan beku yang mengambang di atas massa dasar berukuran pasir. Hampir seluruh tubuh satuan batuan ini telah mengalami alterasi lemah - kuat. Berdasarkan data lapangan, secara lateral satuan ini memiliki hubungan menjari (*interfinger*) dengan Satuan breksi-tuf Arjosari. Memiliki hubungan kontak intrusi dengan Litodem Dasit, Andesit dan Andesit Kuarsa, serta di atasnya secara seleras diendapkan Satuan batupasir-tufan Semilir.



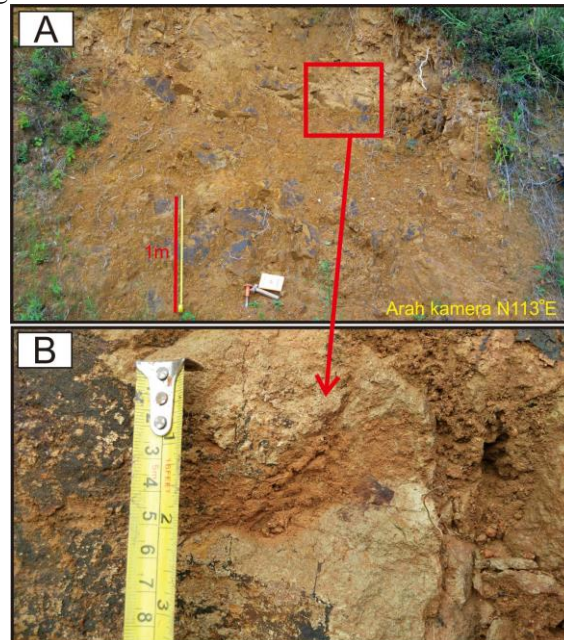
Gambar 3. Singkapan satuan lava-andesit Mandalika

Intrusi Dasit, Litodem Dasit yang ada di daerah penelitian memiliki tekstur hipokristalin dengan ukuran kristal fanerik sedang - halus, bentuk kristal anhedral - subhedral dengan relasi porfiritik, komposisi mineral terdiri dari K-feldspar, Kuarsa, Plagioklas tertanam pada massa dasar Kuarsa. Secara lemah - kuat litodem ini telah mengalami alterasi dengan kaya kandungan mineral Klorit, mineral lempung dan sebagian kaya mineral Silika dengan tekstur alterasi yang sering dijumpai adalah *stockwork*. Kontak intrusi antara Litodem Dasit dengan batuan yang diterobosnya tidak ditemukan di lapangan, namun keberadaan Dasit di tengah - tengah Satuan lava-andesit Mandalika dengan ukuran kristal fanerik, maka hal ini memperkuat hipotesa penulis bahwa Litodem Dasit merupakan intrusi.



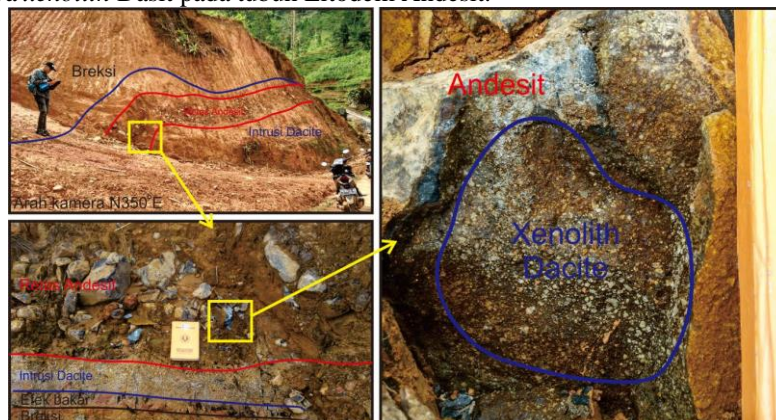
Gambar 4. Singkapan satuan intrusi Dasit

Satuan batupasir-tufan Semilir, Satuan batupasir-tufan Semilir dicirikan oleh perselingan antara batupasir tufan dengan breksi tufan dengan sisipan batulanau. Batupasir tufan pada satuan ini memiliki warna lapuk kemerahan dengan ukuran butir pasir halus - pasir kasar, butiran menyudut dengan kemas terbuka dan pemilahan baik, fragmen terdiri dari litik dengan matrik telah banyak dijumpai mineral Klorit, memiliki semen silika dengan struktur perlapisan sejajar. Breksi tufan yang ada pada satuan ini memiliki kenampakan warna kuning loyang akibat penggantian oleh mineral Pirit pada beberapa tempat. Satuan batuan ini memiliki kontak menjari dengan Satuan lava-andesit Mandalika berdasar analisis penampang geologi. Pada bagian selatan dari satuan batuan ini dijumpai kontak intrusi dengan Litodem Andesit Kuarsa.



Gambar 5. Singkapan satuan batupasir-tufan Semilir

Intrusi Andesit, litodem Andesit yang ada di daerah peneitian memiliki ciri tekstur hipokristalin dengan ukuran kristal fenerik halus - afanitik, bentuk kristal euhedral - anhedral dan relasi porfiritik, berkomporsi fenokris Piroksen, Amphibol, Plagioklas dan Kalsit yang tertanam pada massa dasar kristal didominasi oleh Plagioklas, struktur yang dijumpai dilapangan adalah kekar kolom. Sebagian besar tubuh litodem ini mengalami alterasi kuat, alterasi lemah hanya dijumpai pada bebrapa lokasi pengamatan. Hubungan stratigrafi yang dijumpai di lapangan adalah kontak intrusi dengan Satuan lava-andesit Mandalika dan kontak intrusi dengan Litodem Dasit, dengan bukti adanya *xenolith* Dasit pada tubuh Litodem Andesit.



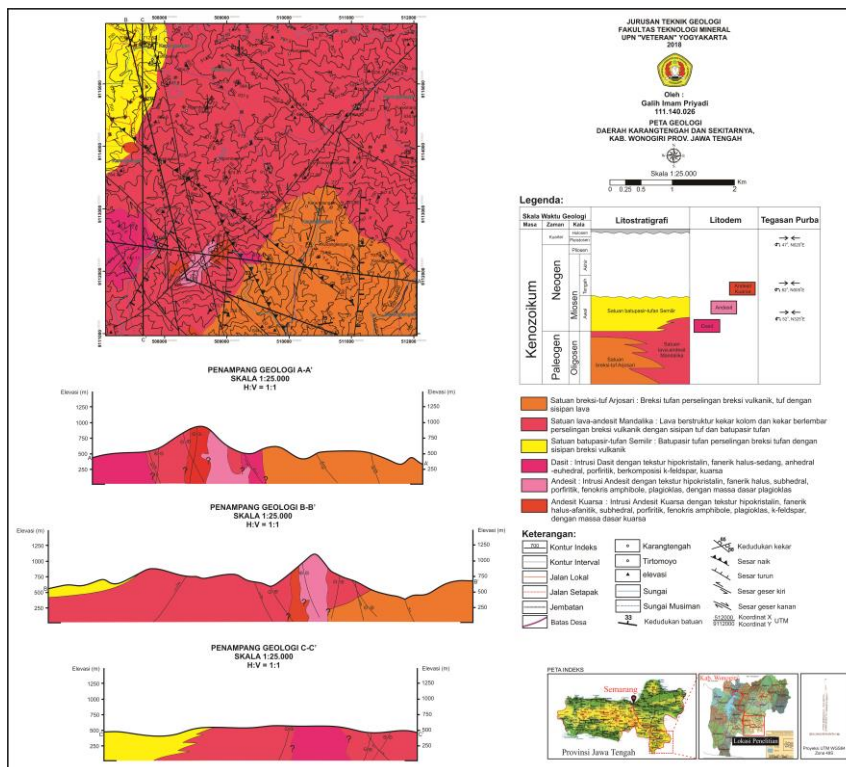
Gambar 6. Singkapan intrusi Andesit

Intrusi Andesit Kuarsa, Ciri - ciri dari Litodem Andesit Kuarsa adalah tekstur holokristalin, berukuran kristal fnerik halus - afanitik, dengan bentuk kristal euhedral - anhedral, relasi porfiritik, berkomporsi fenokris plagioklas dan kuarsa yang tertanam pada massa dasar kristal yang didominasi oleh mikro kuarsa. Di lapangan memiliki struktur kekar kolom. Hubungan kontak intrusi litodem ini terjadi dengan Satuan breksi-tuf Arjosari, Satuan lava-andesit Mandalika dan Satuan batupasir-tufan Semilir.



Gambar 7. Singkapan intrusi Andesit Kuarsa

Endapan Fluvial, endapan fluvial yang ada di daerah telitian dapat ditemukan pada sungai yang berada di bagian barat Gunung Rohtawu, berupa material lepas hasil dari proses erosi batuan tersier yang ada di daerah penelitian setelah terjadinya pengangkatan, memiliki ukuran dari pasir hingga bongkah.



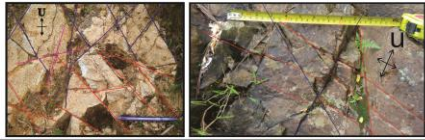
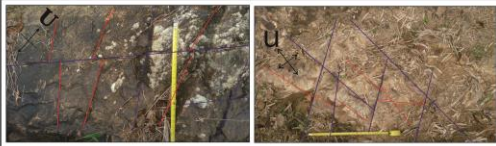
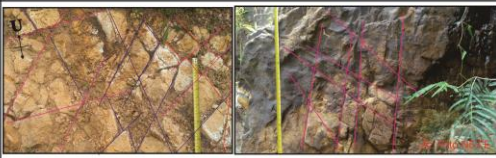
Gambar 8. Peta Geologi Daerah Penelitian

c. Struktur Geologi Daerah Penelitian

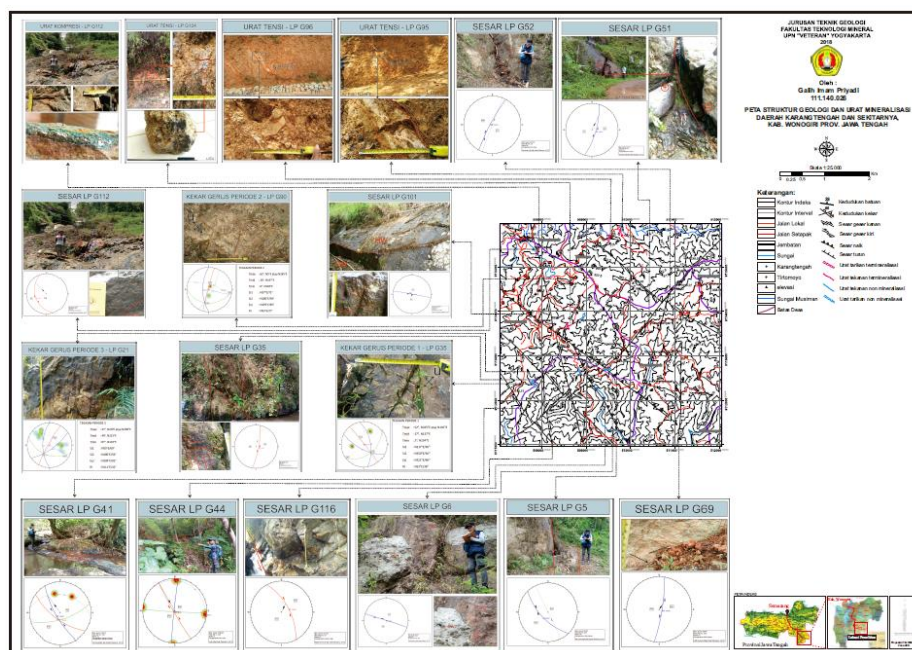
Daerah penelitian menurut merupakan daerah dengan tektonik aktif, pola struktur geologi yang ada merupakan hasil dari tegasan purba yang terjadi pada tiga kali, pertama pada Kala Miosen Awal, kedua terjadi pada Kala Miosen Tengah dan ketiga terjadi pada Kala Plio-Pleistosen hingga saat ini (Abdullah, dkk, 2003). Batuan yang berada di daerah penelitian memiliki umur Oligosen akhir - Miosen Tengah, sehingga peranannya dalam menentukan umur struktur geologi dengan dasar hukum potong memotong (*cross cutting relationship*) sulit diterapkan, oleh karena itu penulis melakukan kajian dari data lapangan dengan hasil penelitian terdahulu yang bersifat regional. Struktur geologi yang dijumpai di daerah penelitian yang telah dibuat dalam Peta Struktur Geologi meliputi kekar gerus (*shear joint*), kekar tarikan (*tension joint*), sesar mendatar (*strike slip*), sesar naik atau turun (*dip slip*) dan sesar dengan pergerakan campuran (*oblique*).

Kekar, Analisa stereografi data kekar gerus yang ada di daerah penelitian menunjukkan adanya tiga arah tegasan utama yang berbeda, yaitu arah tenggara - barat laut, arah utara - selatan dan arah selatan baratdaya - utara timurlaut. Berdasarkan kajian terhadap tektonik regional, maka dapat disimpulkan bahwa daerah penelitian telah mengalami deformasi tektonik sebanyak tiga kali sesuai dengan deformasi tektonik regional, namun dengan arah tegasan utama yang sedikit berbeda. Dari hasil analisa kekar gerus di daerah penelitian di dapatkan tegasan utama maksimum Kala Miosen Awal adalah 52° , $N325^{\circ}E$ atau $N145^{\circ}E$, tegasan utama maksimum Kala Miosen Tengah 62° , $N5^{\circ}E$ atau $N185^{\circ}E$ dan tegasan utama maksimum Kala Plio-Pleistosen adalah 47° , $N20^{\circ}E$ atau $N200^{\circ}E$.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Kekar Gerus di Daerah Penelitian.

Tegasan Purba & Simbol Warna	Arah Kekar	Jenis Kekar	Gambar	Lokasi
<u>Miosen Awal</u>	Tenggara-Barat Laut (SE-NW) $N112^{\circ}E - N120^{\circ}E$ Timur Tenggara-Barat Barat Laut (ESE-WNW) $N347^{\circ}E - N353^{\circ}E$	Kompresi		G90, G73
<u>Miosen Tengah</u>	Utara Timur Laut-Selatan Barat Daya (NNE-SSW) $N024^{\circ}E - N031^{\circ}E$ Utara-Selatan (N-S) $N172^{\circ}E - N186^{\circ}E$	Kompresi		G35, G38, G112
<u>Pliosen-Pleistosen</u>	Timur Laut-Barat Daya (NE-SW) $N032^{\circ}E - N060^{\circ}E$ Utara Timur Laut-Selatan Barat Daya (NNE-SSW) $N178^{\circ}E - N207^{\circ}E$	Kompresi		G21, G22

Sesar, struktur geologi sesar yang ada di daerah penelitian memotong keseluruhan satuan batuan atau litodem yang ada, dengan pola timurlaut - baratdaya, pola utara - selatan dan pola tenggara - baratlaut. Pola - pola yang ada dihasilkan oleh tiga pola tegasan yang berbeda, sehingga dalam pola yang sama namun dijumpai sesar dengan pergerakan (*slip*) yang berbeda. Berdasarkan analisa stereografi, satuan batuan yang ada di daerah penelitian dipotong oleh sesar mendatar kanan, sesar mendatar kiri, sesar turun dan sesar naik. Sesar mendatar kanan dengan arah tenggara - baratlaut dan sesar mendatar kiri berarah utara selatan dikontrol oleh tegasan purba pada Kala Miosen Awal, pola sesar mendatar kiri berarah timurlaut - barat daya dan sesar mendatar kanan berarah relatif utara - selatan serta sesar - sesar turun berarah utara timurlaut - selatan baratdaya dikontrol oleh pola tegasan purba Kala Miosen Tengah, sementara sesar - sesar naik yang berarah tenggara - baratlaut dikontrol oleh tegasan purba Kala Pliosen – Pleistosen.



Gambar 9. Peta Struktur Geologi dan Urat Mineralisasi Daerah Penelitian.

3. ALTERASI DAERAH PENELITIAN

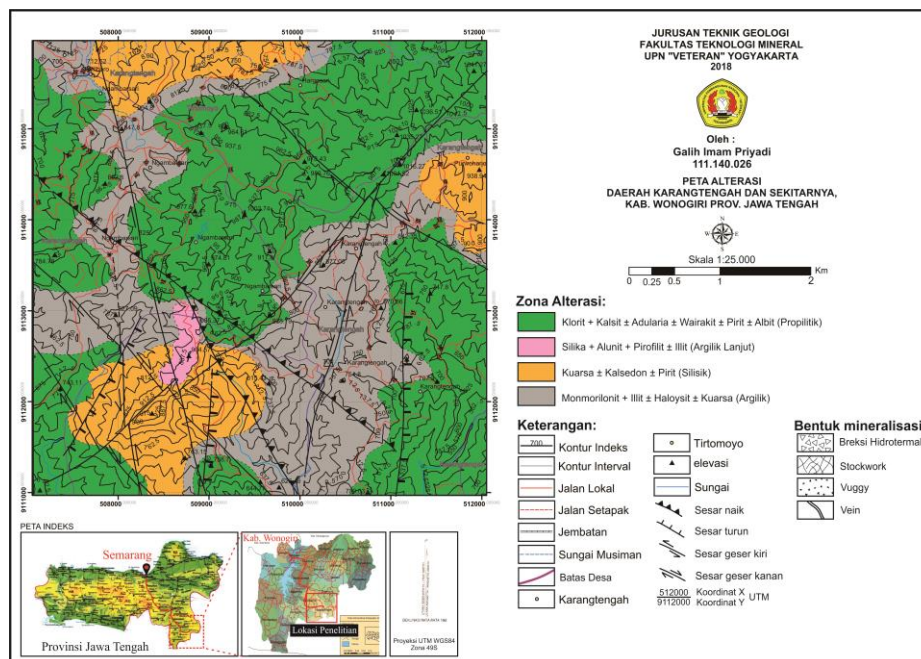
Keberadaan Intrusi Dasit, Intrusi Andesit dan Intrusi Andesit Kuarsa diduga telah memberikan pengaruh alterasi pada batuan di daerah penelitian, namun tidak semua proses intrusi dan alterasi hidrothermal membentuk deposit mineral bijih berharga. Intrusi terakhir yaitu Andesit Kuarsa merupakan intrusi yang menghasilkan alterasi dan mineralisasi hidrothermal, hal tersebut didasarkan pada pola struktur geologi yang berkembang bersamaan dengan naiknya intrusi ini yang keberadaannya mengandung mineral bijih berharga, serta alterasi dan mineralisasi dijumpai pada dua tubuh intrusi yang terjadi sebelumnya. Alterasi yang berkembang di daerah penelitian terdiri dari empat tipe alterasi dikaji dari himpunan mineralnya yang didasarkan pada klasifikasi Lowell dan Guilbert (1970).

Kuarsa ± Kalsedon ± Pirit (Silisik), tipe alterasi ini ditandai dengan hadirnya mineral Silika (SiO₂) seperti Kuarsa ataupun Kalsedon yang melimpah. Pada daerah penelitian alterasi ini berkembang di bagian baratdaya, utara baratlaut dan bagian tenggara, menempati luas wilayah 15% dari total daerah penelitian. Alterasi tipe ini berasosiasi dekat dengan batuan yang mengalami kontak intrusi ataupun di sekitar zona urat mineralisasi, di mana batuan yang berubah adalah lava andesit dan breksi vulkanik.

Silika, Alunit ± Pirofilit, ±Klorit, dan ± Pirit (Argilik Lanjut) alterasi Argilik Lanjut di daerah penelitian hanya menempati wilayah kecil di bagian tengah sebelah barat, dengan luasan 2% dari keseluruhan wilayah alterasi ini berperan sebagai petunjuk adanya fluida hidrotemal yang bersifat asam dan bersuhu tinggi. Alterasi ini terjadi pada batuan beku lava andesit dengan himpunan mineral Kuarsa, Alunit, Pirofilit, ±Klorit, ±Pirit dan ±Smektit (**Lampiran XRD-07**). Keberadaan mineral Pirofilit merupakan indikasi utama bahwa fluida hidrotermal bersifat asam dan memiliki suhu tinggi (Lowell dan Guilbert, 1970) dan merupakan penciri dari jenis endapan epitermal sulfida menengah - tinggi (Disarikan oleh Einaudi dkk, 2003; dari Silitoe dan Hedenquist, 2003 dalam Silitoe, 2016).

Illite, Montmorilonit ± Pirit, ± Kuarsa ± Halloysit (Argilik), tipe alterasi ini kenampakan di lapangan menunjukkan keadaan yang sangat lapuk dan umumnya lunak, sehingga analisa petrografi sulit dilakukan untuk analisa alterasi tipe ini, untuk itu maka penulis menggunakan analisa XRD (*X-Ray diffraction*) sebagai dasar penentuan himunan mineral alterasinya. Dari hasil deskripsi megaskopis di lapangan ataupun sampel yang ada, penulis hanya dapat mengidentifikasikan himpunan mineralnya adalah kelompok mineral lempung, ±Pirit. Sementara berdasar analisa XRD himpunan mineral dari alterasi ini adalah Kuarsa, Monmorilonit, Illit dan Halloysit, sesuai dengan himpunan mineral alterasi Argilik menurut Lowell dan Guilbert (1970).

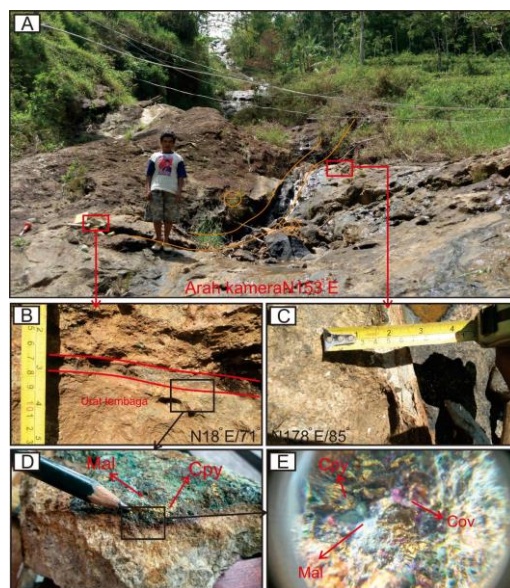
Klorit, Kalsit ± Wairakit ± Pirit, ± Albit (Propilitik), ciri khas dari alterasi propilitik adalah warna kehijauan yang dapat dikenali dengan mudah, di daerah penelitian alterasi tipe ini menempati wilayah terluas, yaitu 56% dari total luas wilayah penelitian. Berdasarkan deskripsi megaskopis dan analisa petrografi, alterasi Propilitik di daerah penelitian terdiri dari himpunan mineral ubahan Klorit, Pirit, Kalsit sebagai mineral ubahan utama, sementara pada beberapa tempat dengan alterasi propilitik lainnya dijumpai mineral Anhidrit, Adularia dan Wairakit. Sementara dari hasil analisis *X-Ray Diffraction* mineral Ortoklas dan Halloysit juga muncul pada tipe alterasi ini.



Gambar 10. Peta Alterasi Daerah Penelitian

4. MINERALISASI DAERAH PENELITIAN

Mineralisasi bijih yang ada di daerah penelitian merupakan endapan epitermal dengan komoditi logam yang hadir adalah Tembaga-Seng-Timbal (Cu-Zn-Pb). Endapan Tembaga-Seng-Timbal yang ada di daerah penelitian ditemukan pada urat mineralisasi dengan jenis urat kuarsa tekanan dan urat kuarsa tarikan. Kedua sistem urat tersebut dikendalikan oleh pembentukan struktur geologi pada Kala Miosen Tengah. Urat kuarsa tekanan yang ada di daerah penelitian memiliki arah relatif utara - selatan (N178°E/85°) dan timurlaut - baratdaya (N18°E/71°) sesuai dengan arah kekar kompresi yang terbentuk pada tegasan purba kala Miosen Tengah (N180°E/59° dan N27°E/72°). Sementara urat kuarsa tarikan (N215°E/75°) relatif searah dengan pola kekar ekstensi tegasan Kala Miosen Tengah (N195°E/85°). Urat kuarsa tekanan dengan arah timurlaut - baratdaya memiliki kandungan mineral bijih jauh lebih melimpah dibandingkan dengan urat kuarsa tekanan dengan arah utara - selatan. Mineral bijih yang terkandung dalam urat kuarsa tekanan tersebut antara lain Kalkopirit, Covelit, Malakit dan Galena. Selain dari urat kuarsa tekanan, di daerah penelitian juga dijumpai urat kuarsa tarikan dengan tekstur *crustiform* dan *dogteeth* yang memiliki lebar urat >1m. Hasil analisa mineragrafi dan analisa XRD (*X-Ray Diffraction*) mineralogi bijih yang ada di daerah penelitian meliputi mineral dengan pembawa unsur utama tembaga, di antaranya Kalkopirit (CuFeS₂), Kovelit (CuS), Malasit (Cu₂CO₃(OH)₂), mineral pembawa unsur utama seng adalah Sphalerit (ZnS) dan mineral pembawa unsur utama timbal adalah Galena (PbS).

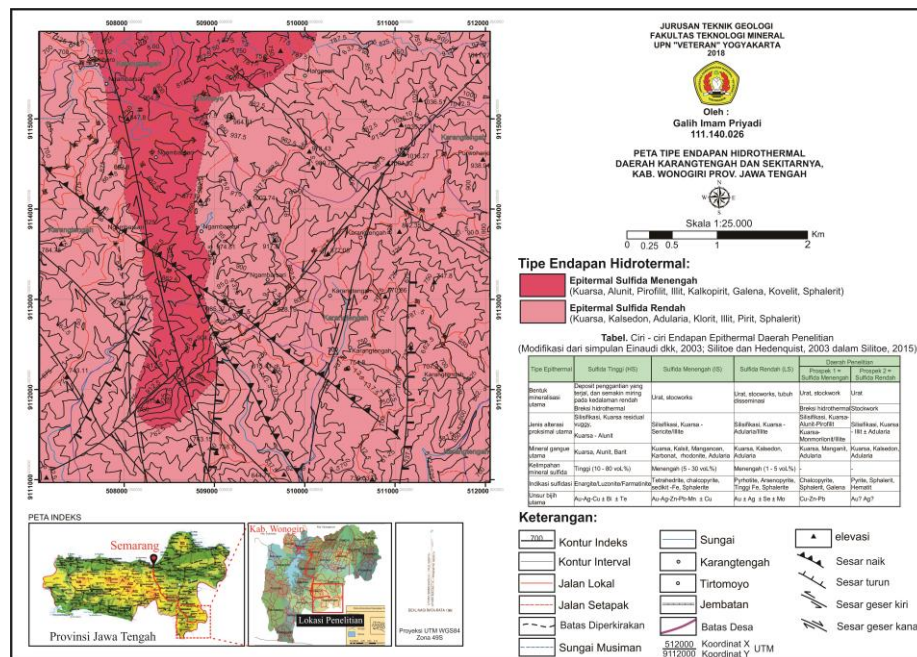


Gambar 11. Urat Tekanan dengan Mineralisasi Bijih Tembaga

Tabel 4. Perbandingan Karakteristik Tipe Endapan Epitermal Sulfidasi Rendah, Epitermal Sulfidasi Tinggi dan Tipe Endapan Daerah Penelitian

Tipe Epithermal	Sulfida Tinggi (HS)	Sulfida Menengah (IS)	Sulfida Rendah (LS)	Daerah Penelitian	
				Prospek 1 ≈ Sulfida Menengah	Prospek 2 ≈ Sulfida Rendah
Bentuk mineralisasi utama	Deposit penggantian yang terjal, dan semakin miring pada kedalaman rendah Breksi hidrothermal	Urat, stocworks	Urat, stocworks, tubuh disseminasi	Urat, stockwork Breksi hidrothermal	Urat Stockwork
Jenis alterasi proksimal utama	Silisifikasi, Kuarsa residual vuggy, Kuarsa - Alunit	Silisifikasi, Kuarsa - Sericite/Illite	Silisifikasi, Kuarsa - Adularia/Illite	Silisifikasi, Kuarsa-Alunit-Pirofilit Kuarsa-Monmorilonit/Illite	Silisifikasi, Kuarsa - Illit ± Adularia
Mineral gangue utama	Kuarsa, Alunit, Barit	Kuarsa, Kalsit, Manganoan, Karbonat, rhodonite, Adularia	Kuarsa, Kalsedon, Adularia	Kuarsa, Manganit, Adularia	Kuarsa, Kalsedon, Adularia
Kelimpahan mineral sulfida	Tinggi (10 - 80 voL%)	Menengah (5 - 30 voL%)	Menengah (1 - 5 voL%)	-	-
Indikasi sulfidasi	Enargite/Luzonite/Farmatinitite	Tetrahedrite, chalcopryrite, sedikit -Fe, Sphalerite	Pyrrhotite, Arsenopyrite, Tinggi Fe, Sphalerite	Chalcopryrite, Sphalerit, Galena	Pyrite, Sphalerit, Hematit
Unsur bijih utama	Au-Ag-Cu ± Bi ± Te	Au-Ag-Zn-Pb-Mn ± Cu	Au ± Ag ± Se ± Mo	Cu-Zn-Pb	Au? Ag?

Penentuan karakteristik tipe endapan di daerah penelitian dilakukan berdasarkan pendekatan karakteristik yang muncul dengan model karakteristik yang telah dibuat oleh peneliti terdahulu. Penentuan tipe endapan yang penulis gunakan mengacu pada klasifikasi yang disarikan dari Einaudi, dkk (2003), Silitoe dan Hedenquist (2003) dalam Silitoe (2015). Berdasarkan data yang didapatkan dari hasil penelitian seperti, munculnya himpunan mineral alterasi Kuarsa, Alunit dan Pirofilit, adanya tekstur vuggy residual serta mineralisasi Cu-Zn-Pb dalam bentuk urat, yang berdekatan dengan zona alterasi yang mengandung mineral Adularia, Kuarsa, Kalsedon yang didukung oleh kendali struktur geologi, maka penulis menyimpulkan bahwa daerah penelitian memiliki dua jenis tipe endapan, yaitu epitermal sulfida rendah dan epitermal sulfida menengah dengan batas perubahan diperkirakan.



Gambar 12. Peta Tipe Endapan Hidrothermal Daerah Penelitian.

PENUTUP

a. Kesimpulan

- Berdasarkan aspek geomorfologi, daerah penelitian dibagi menjadi empat satuan geomorfologi yaitu Satuan Gawir Sesar (S1), Satuan Pegunungan Homoklin (S2), Satuan Lereng Homoklin (S3) dan Satuan Lembah Struktural (S4).
- Litologi penyusun daerah penelitian didominasi oleh batuan dengan materi hasil dari kegiatan vulkanisme. Secara berurutan dari tua ke muda adalah Satuan breksi-tuf Arjosari (Oligosen Akhir - Miosen Awal) yang memiliki hubungan melidat dengan Satuan lava-andesit Mandalika ((Oligosen Akhir - Miosen Awal), kemudian Intrusi Dasit (Miosen Awal bagian tengah), Intrusi Andesit (Miosen Awal bagian akhir) yang menerobos satuan batuan termuda Satuan batupasir-tufan Semilir (Miosen Awal) dan yang termuda adalah Andesit Kuarsa (Miosen Awal bagian akhir - Miosen Tengah).
- Struktur geologi di daerah penelitian dihasilkan oleh tiga arah tegasan purba yang berbeda. Tegasan pertama terjadi pada Kala Miosen Awal dengan arah tenggara - baratlaut yang menghasilkan sesar geser kanan berarah tenggara - baratlaut dan sesar geser kiri berarah utara - selatan. Tegasan kedua terjadi pada Kala Miosen Tengah dengan arah utara selatan, menghasilkan sesar geser kanan berarah utara baratlaut - selatan tenggara dan sesar geser kiri berarah timurlaut - baratdaya. Pola tegasan dan sesar yang terbentuk pada kala ini merupakan faktor pengendali utama alterasi dan mineralisasi. Tegasan terakhir bermur Plio - Pleistosen dengan arah utara timurlaut - selatan baratdaya yang menghasilkan sesar naik yang memotong seluruh satuan batuan dan litodem.
- Berdasarkan himpunan mineral alterasi yang ada, daerah penelitian dibagi menjadi empat zona alterasi yaitu Zona Argilik Lanjut (dicirikan oleh himpunan mineral Silika, Alunit ± Pirofilit, ±Klorit, dan ±Pirit), Zona Silisik (dicirikan dengan himpunan mineral ubahan didominasi oleh kuarsa), Zona Argilik (dicirikan oleh kehadiran

mineral Illite, Halloysit, Montmorilonit, ±Pirit, ±Kuarsa) dan Zona Propilitik (dicirikan oleh himpunan mineral Klorit, Kalsit, Pirit, ±Halloysit).

5. Mineralisasi di daerah penelitian dijumpai pada urat kuarsa kompresi dan urat kuarsa tekanan hasil dari tegasan Kala Miosen Tengah. Urat kuarsa tekanan yang ada di daerah penelitian memiliki arah relatif utara - selatan (N178°E/85°) dan timurlaut - baratdaya (N18°E/71°) sesuai dengan arah kekar kompresi yang terbentuk pada tegasan purba kala Miosen Tengah (N180°E/59° dan N27°E/72°). Sementara urat kuarsa tarikan (N215°E/75°) relatif searah dengan pola kekar ekstensi tegasan Kala Miosen Tengah (N195°E/85°). Mineralisasi yang dijumpai di daerah penelitian adalah mineral bijih pembawa tembaga-seng-timbal (Cu-Zn-Pb) dengan mineral yang hadir Kalkopirit, Kovelit, Malakit, Sphalerit dan Galena.
6. Berdasarkan mineralogi alterasi dan mineralisasi, daerah penelitian disimpulkan sebagai daerah dengan dua tipe endapan epitermal, yaitu Epitermal Sulfida Menengah yang memiliki zona transisi dengan batas diperkirakan dengan Epitermal Sulfida Rendah.

b. Saran

Dilakukan penelitian lebih lanjut dengan pemetaan geologi detail, studi bawah permukaan dan analisis kimia guna mengetahui keberadaan sumberdaya mineral bijih di daerah penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, dkk. 2003. *Prosiding ITB Sains & Tek, Analisis Dinamik Tegasan Purba pada Satuan Batuan Paleogen - Neogen di Daerah Pacitan dan Sekitarnya*, Provinsi Jawa Timur, Ditinjau dari Studi Sesar Minor dan Kekar Tektonik. Institut Teknologi Bandung : Bandung.
- Anderson E.M. 1951. *The Dynamic of Faulting and Dyke Formation with Applications of Brittan, Edinburgh, Oliver and Boyd*. Stanford University : California.
- Bammelen, R.W.Van.. 1949. *The Geology of Indonesia*, Vol.IA. The Hague, Government Printing Office.
- Bateman, A.M. dan Jansen, M.L. 1981. *Economic Mineral Deposit*, 3rd. John Wiley & Sons : New York.
- Billings, M.P. 1972. *Structural Geology 3rd Edition*. Prantice Hall : New Jersey.
- Corbett, Greg. 2002. *Epithermal Gold for Explorationists*. AIG Journal : Australia.
- Corbett, Greg. dan Leach T. 1997. *Southwest Pacific Rim Gold-Copper System: Structure, Alteration, and Mineralization, Short Course Manual*. Australia.
- Creasey, S.C. 1966. *Hydrothermal Alteration*. Economic Geology
- Davis, G.H. dan Reynolds S.J. 1996. *Structural Geology of Rock and Regions*. John Wiley and Sons Inc : New York.
- Dennis, John. G. 1972. *Structural Geology*. Ronald Press : California.
- Evans, A.M. 1993. *Ore Geology and Industrial Mineral*, 3rd Edition. Blackwell Scientific Publication : London.
- Fonbote, dkk. 2017. *Geochemical Perspectives Future Global Mineral Resources* (Volume 6). Eropa : European Association of Geochemistry.
- Hall, Robert. 2012. *Late Jurassic - Cenozoic Recontruction of The Indonesia Region and Indian Ocean*. South East Asia Research Group, Department of earth Science, Royal Halloway University : London.
- Hatcher, R.D. 1985. *Structural Geology, Principals, Concepts and Problems*. Prantice Hall : New Jersey.
- Lowell dan Guilbert. 1970. *Understanding Mineral Deposit*. New York : Springer
- Nahrowi T.Y., dkk. 1978. *Geologi Pegunungan Selatan Jawa Timur*. Bagisa Eksplorasi Pusat Pengembangan Tenaga Perminyakan dan Gas Bumi, Lemigas : Cepu.
- Pirajno, F. 2008. *Hydrothermal Processes and Mineral Systems*. Springer : Geological Survey of Western Australia, Perth, WA : Australia
- Pulunggono, A. dan Soejono, M. 1994. *Perubahan Tektonik Paleogen - Neogen Merupakan Peristiwa Tektonik Terpnting di Jawa, Proceedings Geologi dan Geoteknik Pulau Jawa*.

- Pracejus, B. 2008. *Ore Microscopy and Ore Petrography*, 2nd. Kanada : John Wiley & Sons, Inc.
- Prasetyadi, C. 2007. Evolusi Tektonik Jawa Bagian Timur. *Disertasi* pada Program Studi Teknik Geologi Institut Teknologi Bandung.
- Purwanto, H.S. 2002. *Desertasi*, Kontrol Struktur pada Mineralisasi Emas di daerah Penjom dan Lubuk Mandi Semenanjung Malaysia. Malaysia : Universitas Kebangsaan Malaysia (Tidak dipublikasikan).
- Purwanto H.S. 1997. *Tesis* : Analisa dan Genesa Pembentukan Struktur Geologi pada Batuan Berumur Oligosen - Miosen di Daerah Pacitan dan Sekitarnya, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur. Teknik Geologi : Institut Teknologi Bandung.
- Rickard, M. 1972. Fault classification - discussion, *buletin* Geology Society of America vol. 83 hal. 2545 -2546.
- Sartono, S. 1964. *Stratigraphy and Sedimentation of The Part of Gunung Sewu* (East Djawa). Publikasi Seri Teknik Geologi Umum : Bandung.
- Samodra, H., Gafour, S., dan Tjokrosapoutro, S. 1992. *Geology Lembar Pacitan, Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi; Bandung
- Silitoe, R.H. 2015. *Mineralium Deposita*, vol. 50. Berlin : Springer.
- Silitoe, R.H. dan Hedenquist, W. 2003. Linkages between Volcanotectonic Settings, Ore-Fluid Compositions, and Epithermal Precious Deposits. Society of Econoc Geologists.
- Soeria-Atmadja, R., dkk. 1994. Tertiary Magmatic Belts in Java : Journal of Southeast Asian Earth Sciences, vo. 9. Britania Raya.
- Sribudiyani, dkk, *Prosiding* Konverensi Tahunan ke-29 : The Collision of East Java Microplate and Its Implication for Hydrocarbon Occurences In The East Java Basin. Indonesian Petroleum Association : Jakarta
- Twiss dan Moores. 1992. *Structural Geology*. New York : WH Freeman & Co
- Van Zuidam, R. A. 1983. *Aerial Photo - Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. ITC Enschede The Nederland.
- Verstappen, H. 1973. *Applied Geomorphology: Geomorphological Surveys for Environmental*. Amsterdam : Elsevier, xi+473 pp.
- White dan Hedenquist. 1995. *Epithermal Gold Deposit*. Ottawa : University of Ottawa
- Corbett, G dan Leach, T. (1996), Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems: Structure, Alteration, and Mineralization: *SEG Special Publication No. 6*.
- Corbett, G dan Leach, T. (1997), *Southwest Pacific Rim Gold-Copper System: Structure, Alteration, and Mineralization*. A workshop presented for the Society of Economic Geologist, Townsville.
- Corbett, G. J. (2000), Epithermal Gold for Explorationist: *AIG Journal – Applied Geoscientific Practice and Research in Australia*, Australia, vol. 2002-01 hal 1-15.
- Dunham, R. J. 1962. *Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture AAPG Bulletin*. Memoir 1, Oklahoma.
- Guilbert, G dan Park, C. (1986), *The Geology of Ore Deposits*, New York: W. H. Freeman and Company.
- Harjanto, A. 2008. *Magmatisme dan Mineralisasi Di Daerah Kulon Progo dan Sekitarnya Jawa Tengah*. Disertasi Dotoral Tidak dipublikasikan
- Harjanto, A. 2011. *Vulkanostratigrafi Di Daerah Kulon Progo dan Sekitarnya, Daerah Istimewa Yogyakarta*. Jurnal Ilmiah MTG Vol. 4, No. 8.
- Hedenquist, J. (2000), Exploration for Epithermal Gold Deposits. *Gold in 2000: Review in Society Economic Geologist*, vol. 13.
- Howard, A.D. (1967) *Drainage Analysis in Geologic Interpretation: A Summation*. *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 51, 2246-2259
- Idrus, A. 2014. *Mineralisasi Emas di Kalisat, Magelang, Jawa Tengah: Prospek Emas Tipe Epithermal Sulfidasi Rendah di Pegunungan Kulon Progo*,. Annual Engineering Seminar 2014.

- Jalu, H. 2017. *Geologi Dan Studi Kontrol Struktur Terhadap Alterasi Dan Mineralisasi Desa Mekarjaya Dan Sekitarnya, Kecamatan Cidolog, Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat*, Skripsi, Jurusan Teknik Geologi UPN "V" Yogyakarta Tidak dipublikasikan.
- Lindgren, W. 1933. *"Mineral Deposits"* McGraw-Hill Book Company, Inc, New York.
- Muthia, P. 2017. *Geologi Dan Studi Fasies Gunung Api Purba Daerah Jelok Dan Sekitarnya, Kecamatan Kaligesing, Kabupaten Purworejo, Provinsi Jawa Tengah*, Skripsi, Jurusan Teknik Geologi UPN "V" Yogyakarta Tidak dipublikasikan.
- Pettijohn, F.J. 1949. *Sedimentary Rocks*, New York: Harper.
- Pirajno, F. (1992), *Hydrothermal Mineral Deposits, Principles and Fundamental Concept for the Exploration Geologist*. Springer – Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris.
- Prasetyadi, C. 2007. *Evolusi Tektonik Paleogen Jawa Bagian Timur*. Disertasi Doktoral Tidak dipublikasikan.
- Pringgoprawiro, H. dan Riyanto, B. (1988), *Formasi Andesit Tua suatu Revisi*, Bandung Inst.Technologi, Dept.Geol.Contr., 1-29.
- Raharjo, W., Sukandarrumidi, Rosidi, H.M.D. 1995. *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa, Skala 1 : 100.000*. Puslitbang Geologi.
- Soeria Atmadja R., Maury R.C., Bellon H., Pringgoprawiro H., Polve M. dan Priadi B. (1994), *The Tertiary Magmatic Belts in Java, Proc Symp. On Dynamics of Subduction and it products, The silver Jubilee Indom. Inst. Of Sci (LIPI)*, 98-121.
- Twiss. Robert J. & Moores. Eldridge M. 2006. *Structural Geology*. New York: W.H. Freeman Company.
- Van Bemmelen, R.W. 1949. *The Geology of Indonesia*, Vol. IA, The Hague Martinusb Nijhoff, Netherlands.
- Van Zuidam, R.A. 1983. *Guide to Geomorphologic Aerial Photographys Interpretation and Mapping*, Enschede The Netherlands.
- Varnes, D.J. (1978) *Landslide Hazard Zonation: A Review of Principles and Practice*, Natural Hazards. UNESCO, Paris.
- White, N.C. and Hedenquist, J.W., 1990. *"Epithermal Environments and Styles of Mineralization: Variations and their Causes, and Guidelines for Exploration."* In: J.W. Hedenquist, N.C. White and G. Siddeley (Editors), *Epithermal gold mineralisation of the Circum Pacific: Geology, Geochemistry, Origin and Exploration*. Journal of Geochemical Exploration, 36: 445-474.
- White, N.C. and Hedenquist, J.W., 1995. *"Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristics and Exploration: Resource Geology Special Publication No 1"*, Society Of Economic Geologist, Australia Page 165 – 168.