

GEOLOGI, ALTERASI DAN MINERALISASI HIDROTHERMAL PADA DAERAH TEGALOMBO DAN SEKITARNYA KECAMATAN TEGALOMBO, KABUPATEN PACITAN, PROVINSI JAWA TIMUR

Kaffa Faiqoh Al Himmah¹⁾, Heru Sigit Purwanto²⁾, Sutarto³⁾
Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "V" Yogyakarta
Jl. SWK 104, Condong Catur 55283, Yogyakarta, Indonesia
Fax/Phone: 0274-487816; 0274-486403
Email: kaffa.faiqoh@gmail.com

Abstrak

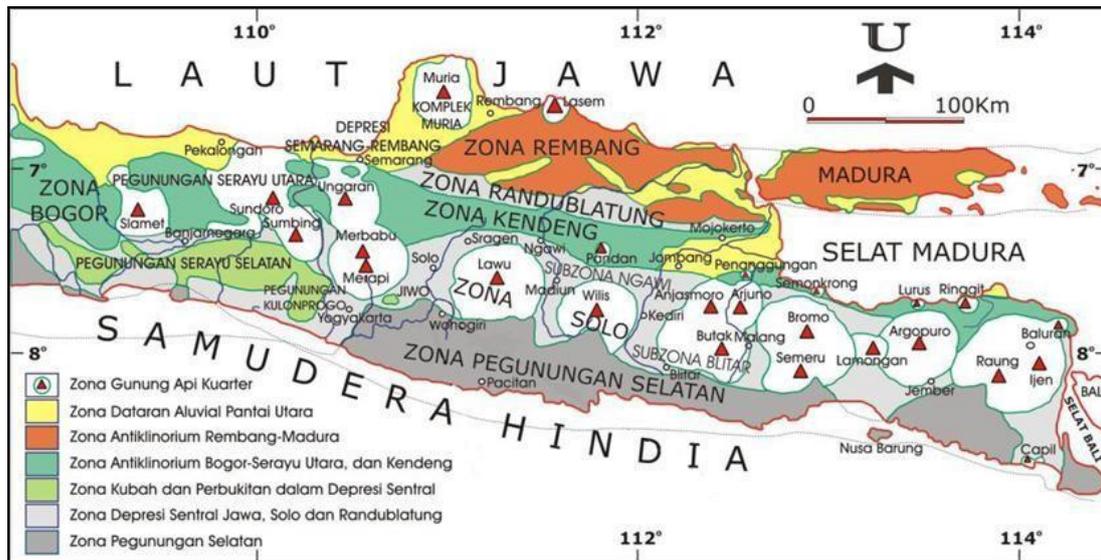
Daerah Tegalombo merupakan salah satu daerah prospek di Busur Sunda bagian timur yang menunjukkan adanya indikasi mineralisasi dengan tipe epitermal sulfidasi rendah. Hal ini ditandai dengan hadirnya urat kuarsa yang memiliki karakteristik tertentu sebagai penciri epitermal. Metode penelitian yang digunakan untuk pemahaman tersebut meliputi pemetaan geologi, alterasi, mineralisasi dan melakukan analisa petrografi, mineragrafi, dan XRD pada contoh terpilih. geomorfologi daerah penelitian terbagi menjadi tiga pola pengaliran yakni pola pengaliran *radial* (RDL) *subtrellis* (STRL) dan *subparallel* (SPRL). Bentuk lahan daerah penelitian terbagi menjadi empat bentuk lahan yakni bentuk lahan perbukitan struktural (S1), lembah struktural (S2), tubuh sungai (F1) dan intrusi (V1). Stratigrafi daerah penelitian terdiri menjadi lima satuan batuan yakni Satuan Breksivulkanik Mandalika (oligosen akhir – miosen awal), Satuan Andesit Watupatok (oligosen akhir – miosen awal), Satuan Batupasirtufan Arjosari (oligosen akhir – miosen awal), Satuan Intrusi Andesit (miosen awal), dan Satuan Endapan Koluvial (holosen-resent). Daerah penelitian hampir mengalami alterasi hidrotermal seluruhnya dengan intensitas lemah hingga kuat. Zona alterasi daerah penelitian terbagi menjadi empat zona alterasi yakni zona propilitik, zona argilik, zona silisik, dan zona tidak teralterasi. Hasil penelitian menunjukkan tekstur urat pada daerah penelitian dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu tekstur *comb*, *crustiform*, dan *disseminated sulphide*. Mineralisasi yang ditemukan berupa *chalcopyrite* + *sphalerite* + *galena* + *pyrite* + *arsenopyrite*. Mineral-mineral tersebut merupakan mineral yang membawa unsur logam dasar. Persebaran dari mineralisasi berada pada urat kuarsa dengan mengikuti pola struktur yang berarah N – S dan NW – SE. Berdasarkan data karakteristik yang didapati dari hasil penelitian, maka urat kuarsa pada daerah penelitian dikategorikan ke dalam *base metal horizon* pada sistem epitermal sulfidasi rendah. Potensi positif daerah penelitian berupa potensi hasil pertanian, potensi hasil tambang, dan potensi geowisata. Sedangkan potensi negatif daerah penelitian berupa potensi gerakan batuan.

Kata kunci : geologi, alterasi, mineralisasi, sulfidasi rendah

Pendahuluan

Endapan hidrotermal adalah endapan yang terbentuk pada sistem hidrotermal. Dalam sistem hidrotermal terdapat dua komponen utama, yaitu sumber panas dan fase fluida, sirkulasi fluida menyebabkan himpunan mineral pada batuan dinding (*wall rocks*) menjadi tidak stabil dan cenderung menyesuaikan kesetimbangan baru dengan membentuk himpunan mineral yang sesuai dengan kondisi yang baru, proses ini dikenal dengan alterasi hidrotermal. Alterasi Hidrotermal merupakan proses yang kompleks yang melibatkan perubahan mineralogi, kimiawi, tekstur, dan hasil interaksi fluida dengan batuan yang di lewatinya (Pirajno, 1992).

Daerah penelitian berada di kabupaten Pacitan bagian utara yaitu Desa Tegalombo. Kecamatan Tegalombo, Kabupaten Pacitan, Provinsi Jawa Timur. Berdasarkan tatanan tektoniknya termasuk kedalam busur magmatik tersier Sunda – Banda (Carlie dan Mitchell, 1994). Batuan dari busur magmatik ini pada umumnya banyak mengandung endapan bijih yang ekonomis. Daerah penelitian pada umumnya terdiri dari batuan vulkanik, batuan terobosan asam – basa yang telah mengalami proses alterasi dan mineralisasi (Samodra dkk, 1990)



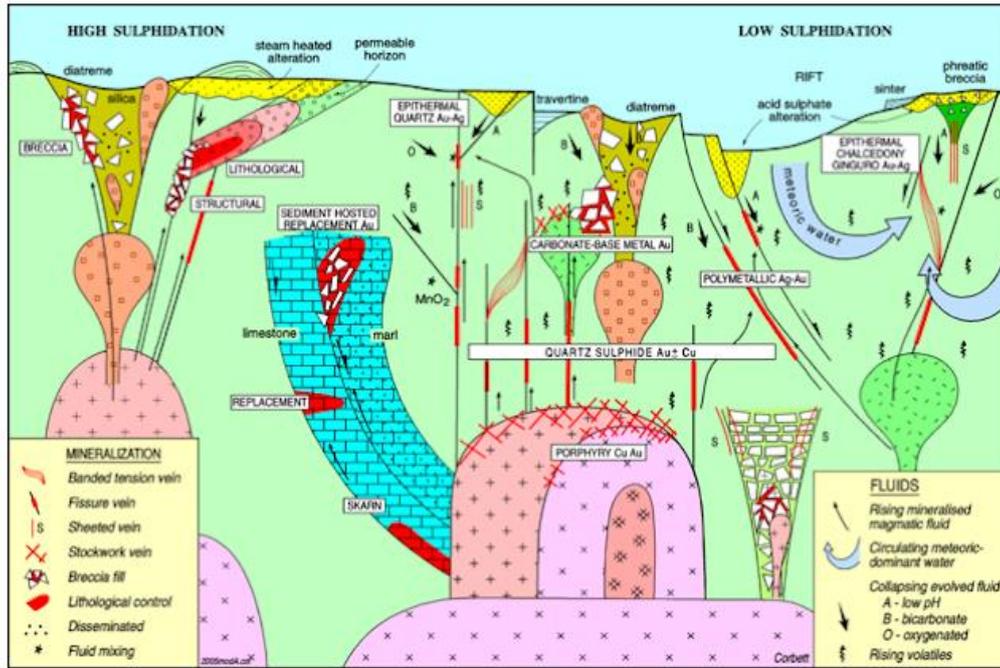
Gambar 1 Pembagian fisiografi pulau Jawa, mengacu pada Van Bemmelen (1949)

Jawa Timur berdasarkan pola struktur utamanya merupakan daerah yang unik karena wilayah ini merupakan tempat perpotongan dua struktur utama, yakni antara struktur arah Meratus yang berarah timurlaut-baratdaya dan struktur arah Sakala yang berarah timur-barat (Pertamina-BPPKA, 1996; Sribudiyani dkk., 2003 dalam Prasetyadi, 2007). Arah Meratus lebih berkembang di daerah lepas pantai Cekungan Jawa Timur, sedangkan arah Sakala berkembang sampai ke daratan Jawa bagian timur (Prasetyadi, 2007). Struktur geologi di daerah Pegunungan Selatan bagian timur berupa perlapisan homoklin, sesar, kekar dan lipatan. Struktur utama yang berkembang di Daerah Pegunungan Selatan Bagian Timur ini terutama adalah sesar mendatar yang kemungkinan besar struktur inilah yang menimbulkan banyak dijumpai alterasi di daerah ini.

Dasar Teori

Alterasi Hidrotermal merupakan proses yang kompleks yang melibatkan perubahan mineralogi, kimiawi, tekstur, dan hasil interaksi fluida dengan batuan yang di lewatinya (Pirajno, 1992). Perubahan-perubahan tersebut akan bergantung pada karakter batuan dinding, karakter fluida (Eh,pH), kondisi tekanan maupun temperatur pada saat reaksi berlangsung, konsentrasi, serta lama aktivitas hidrotermal, Walaupun faktor-faktor di atas saling terkait, tetapi temperatur dan kimia fluida kemungkinan merupakan faktor yang paling berpengaruh pada proses alterasi hidrotermal (Corbett & Leach, 1997).

Endapan hidrotermal adalah endapan yang terbentuk pada sistem hidrotermal. Dalam sistem hidrotermal terdapat dua komponen utama, yaitu sumber panas yang menyediakan energi yang dibutuhkan (magmatik, gradien geotermal, pembusukan radiogenik, metamorfisme), dan fase fluida yang mencakup larutan yang berasal dari magmatik/ fluida juvenil, fluida metamorfik, meteorik, air connate, atau air laut. Sirkulasi fluida menyebabkan himpunan mineral pada batuan dinding (*wall rocks*) menjadi tidak stabil dan cenderung menyesuaikan kesetimbangan baru dengan membentuk himpunan mineral yang sesuai dengan kondisi yang baru, proses ini dikenal dengan alterasi hidrotermal. Sistem hidrotermal memerlukan adanya struktur seperti sesar, rekahan, dan litologi yang permeabel, yang memfokuskan larutan ke tempat pengendapan. Suatu endapan mineral hidrotermal terbentuk oleh sirkulasi fluida panas (sekitar 50° sampai >500°C) yang melindih, mentransport, dan kemudian mengendapkan mineral sebagai respon dari perubahan kondisi kimia-fisika (Pirajno, 1992).



Gambar 2 Skema endapan hidrotermal (Corbett & Leach, 1997)

Endapan epitermal adalah hasil dari sistem hidrotermal yang berskala besar dari lingkungan vulkanik. Dalam suatu sumber panas magmatik suatu sumber air tanah dalam, atau air meteorik, metal dan penurunan sulfur dan zona - zona rekahan yang regas di kerak bumi bagian atas adalah unsur - unsur yang paling penting. Karena unsur - unsur ini tersedia sepanjang sejarah kerak bumi. Pencampuran material-material ini menyebabkan terbentuknya endapan-endapan emas epitermal. Endapan emas epitermal dilingkungan batuan vulkanik adalah hampir selalu berasosiasi dengan batuan vulkanik *cal-alkaline* dan batuan intrusi, beberapa memperlihatkan suatu hubungan yang erat dengan batuan vulkanik alkali.

Metode

Metode penelitian yang digunakan yakni dengan penelitian kualitatif yang menggabungkan data primer dan data sekunder. Data primer didapat dari pengambilan data lapangan, pengolahan data lapangan dan analisa laboratorium seperti petrografi, mineragrafi, dan XRD (*X-Ray Diffraction*) dari conto batuan. Data sekunder didapat dari studi pustaka dari publikasi hasil penelitian terdahulu.

Hasil dan Pembahasan

Geologi Daerah Penelitian

1. Stratigrafi

Berdasarkan pemetaan geologi yang dilakukan dengan lokasi pengamatan 146 titik, dengan pemetaan yang didapatkan peta geologi dan kolom stratigrafi.

SKALA WAKTU GEOLOGI			SATUAN BATUAN (TANPA SKALA)		
MASA	ZAMAN	KALA	LITOSTRATIGRAFI	LITODEM	
KENOZOIKUM	KUARTER	HOLOSEN	Satuan Endapan Koluviyal		
			NEOGEN	MIOSEN	AKHIR
	AWAL	Satuan Andesit Watupatok			Satuan Batupasirtufan Arjosari
	PALEOGEN	OLIGOSEN	AKHIR	Satuan Intrusi	

Gambar 3 Stratigrafi daerah telitian (Mengacu pada Hanang Samodra, 1992)

Satuan Breksivulkanik Mandalika tersusun oleh dominasi Breksi berfragmen andesit dan ditemukan litologi andesit pada titik tertentu. Breksi merupakan batuan sedimen klastik memiliki ciri umum berwarna fresh abu abu warna lapuk coklat, masif, berukuran pasir sangat kasar – bongkah, terpilah buruk, subangular, fragmen andesit, matriks pasir, semen silika. Batuan pada satuan ini mengalami ubahan lemah hingga kuat.

Satuan breksivulkanik Mandalika memiliki luas 40% pada daerah penelitian, melampar luas pada daerah penelitian. Pelamparan satuan ini lebih mengarah ke utara pada Kecamatan Tegalombo, Kabupaten pacitan. Dengan mengacu pada samodra, dkk (1992), umur dari Satuan Breksi Mandalika ini berkisar Oligosen Akhir- Akhir Miosen Awal, Lingkungan pengendapan berdasarkan aspek fisik yakni berupa litologi breksi berfragmen andesit, dan aspek kimia dikaitkan dengan komposisi dari batuan penyusun yang jelas merupalan material vulkanik.

Satuan Andesit Watupatok tersusun oleh dominasi andesit berstruktur, litologi batupasir dan tuff pada titik – titik tertentu. Andesit pada umumnya berwarna abu-abu tua – abu-abu kehijauan, hipokristalin, berukuran sedang-afanitik, subhedral-anhedral, disusun oleh mineral primer plagioklas, piroksen, hornblende, masa dasar gelas, dengan mineral sekunder, kuarsa, klorit, epidot.

Satuan Andesit watupatok memiliki luas 23% pada daerah penelitian, melampar luas dibagian atas pada daerah penelitian. Pelamparan satuan berarah barat-timur pada daerah penelitian. Dengan mengacu pada samodra, dkk (1992), umur dari Satuan Andesit watupatok ini berkisar Oligosen Akhir- Akhir Miosen Awal, Lingkungan pengendapan berdasarkan aspek fisik yakni berupa litologi lava andesit, dan aspek kimia dikaitkan dengan komposisi dari batuan penyusun yang jelas merupalan material vulkanik.

Satuan Batupasirtufan Arjosari tersusun oleh dominasi batupasirtufan dan ditemukan litologi batupasir dan tuff serta lapili pada titik-titik tertentu. Batupasirtufan pada umumnya berwarna abu-abu kecoklatan, mempunyai ukuran butir 1-2mm dengan derajat pemilahan baik dan kemas tertutup disusun oleh kuarsa, mial opak, dan plagioklas juga matriks berupa gelas vulkanik Batuan pada satuan ini banyak yang mengalami pelapukan hingga menjadi tanah yang berwarna coklat hingga merah.

Satuan Batupasirtufan Arjosari memiliki luas 21% pada daerah penelitian, melampar dibagian tenggara pada daerah penelitian. Pelamparan satuan ini lebih mengarah ke bagian bawah daerah penelitian. Dikarenakan satuan ini merupakan produk langsung

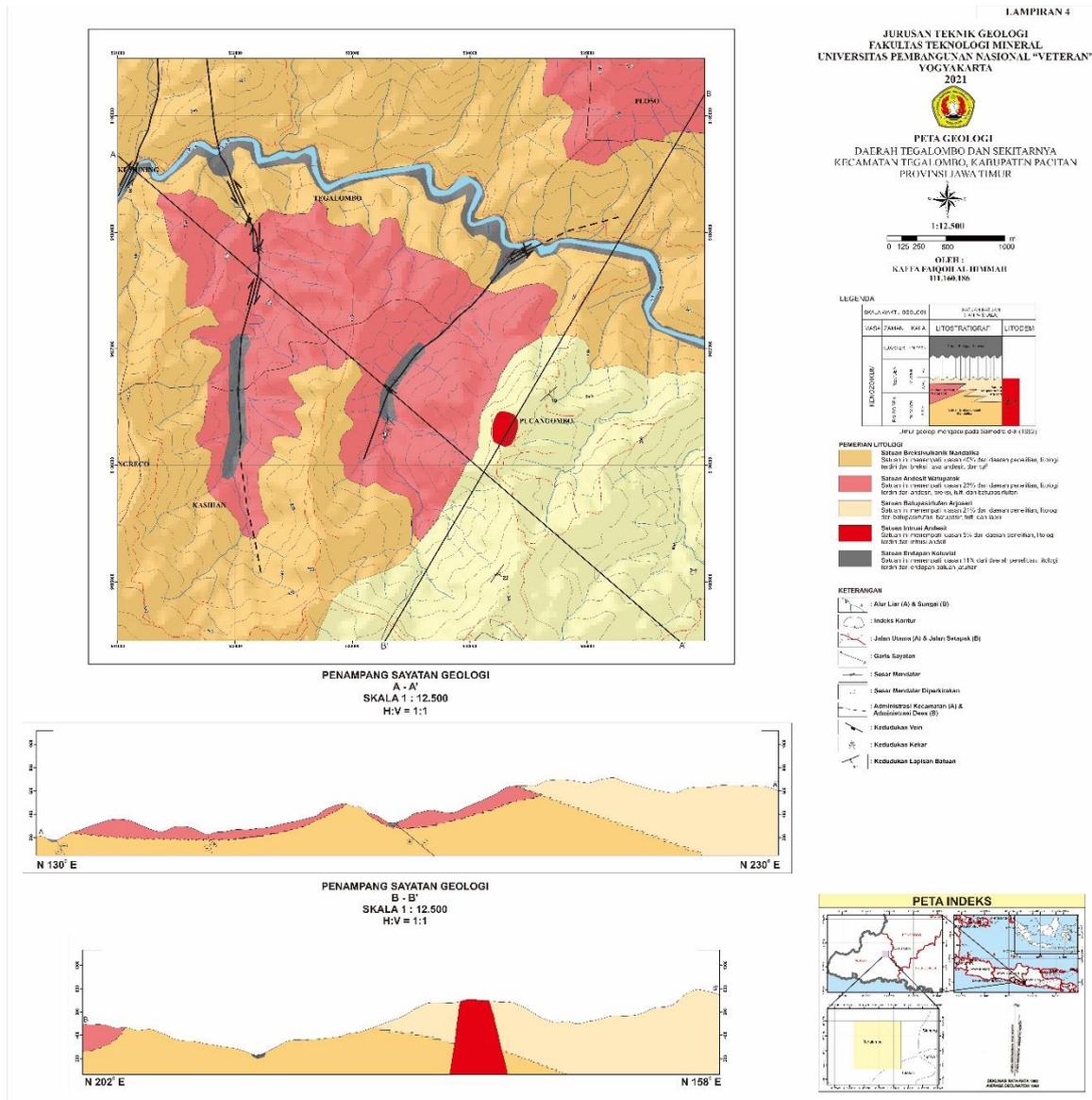
gunungapi dan telah mengalami ubahan hidrotermal sehingga penulis mengacu pada samodra, dkk (1992), umur dari Satuan Tuff Arjosari ini berkisar Oligosen Akhir- Akhir Miosen Awal. Lingkungan pengendapan berdasarkan aspek fisik yakni berupa litologi batupasirtufan, batupasir dan tuff, dan aspek kimia dikaitkan dengan komposisi dari batuan penyusun yang jelas merupakan material vulkanik.

Satuan Intrusi andesit pada umumnya berwarna abu-abu tua – abu-abu kehijauan, hipokristalin, berukuran sedang-afanitik, subhedral-anhedral, relasi inequigranular porfiritik, disusun oleh mineral plagioklas, hornblende, kuarsa dan gelas dan tertanam pada massa dasar Kristal yang lebih halus.

Satuan Intrusi Andesit memiliki luas 2% pada daerah penelitian, hanya spot kecil yang berada dibawah pada daerah penelitian yang mengarah ke tenggara. Dengan mengacu pada samodra, dkk (1992) intrusi andesit ini tidak memiliki umur terutama pada daerah penelitian, namun mempengaruhi batuan gunungapi yang berumur oligosen akhir – akhir miosen awal dari formasi Arjosari. Sehingga penulis memperkirakan umur intrusi andesit ini yakni pertengahan miosen awal – pertengahan miosen akhir.

Satuan Endapan Koluvial tersusun atas endapan material jatuhan yang berada di sepanjang sungai grindulu. Endapan material jatuhan ini disusun oleh material lepas berukuran bongkah, dengan bentuk butir membundar. Komposisi batuan berupa andesit, basalt, tuff, dan batupasir.

Satuan Endapan Koluvial ini memiliki luas 11% pada daerah penelitian, membentang mengikuti sungai grindulu pada daerah penelitian yang mengarah barat hingga timur dan spot pada daerah penelitian.



Gambar 4 Peta geologi daerah penelitian

Alterasi dan Mineralisasi Daerah Penelitian

1. Alterasi

Alterasi merupakan perubahan di dalam komposisi mineralogi suatu batuan (terutama secara fisik dan kimia), khususnya diakibatkan oleh aksi dari larutan hidrotermal (Guilbert dan Park 1986). Interaksi antara fluida hidrotermal dengan batuan yang dilewatinya (batuan dinding), akan menyebabkan terubahnya mineral-mineral primer menjadi mineral ubahan (mineral alterasi), maupun fluida itu sendiri.

Setelah dilakukan pengamatan, daerah penelitian terbagi menjadi empat tipe alterasi berdasarkan himpunan mineral ubahan yang mengacu pada klasifikasi dari Guilbert dan Park (1986). Berikut pembagian alterasi daerah penelitian:

- Zona alterasi propilitik
- Zona alterasi argilik
- Zona alterasi silisik
- Zona tidak teralterasi

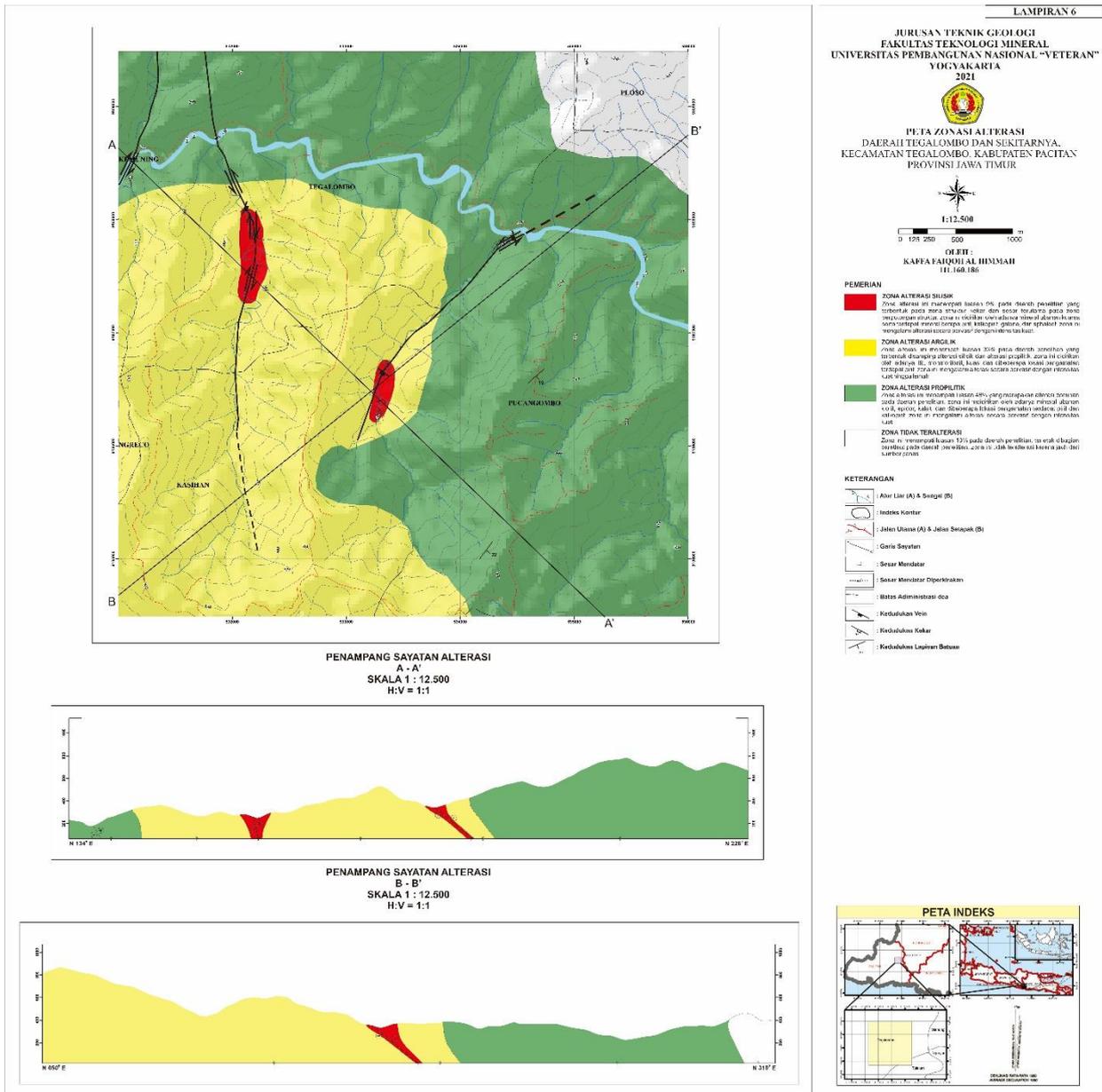
Zona alterasi propilitik memiliki sebaran luasan 60% pada daerah penelitian yang disusun oleh himpunan mineral Kuarsa + Illit + Kuarsa ± Epidot. Zona alterasi ini berkembang mengitari daerah penelitian dan merupakan zona alterasi terluas dari zona alterasi lainnya. Tipe ubahan alterasi ini terbentuk pada temperature 200-300°C pada pH

near-neutral, dengan salinitas beragam, umumnya pada daerah yang mempunyai permeabilitas rendah. Pada kenampakan di lapangan batuan alterasi ini menunjukkan kenampakan hijau keputihan dan berkilap. Tipe ubahan ini cenderung merubah mineral – mineral pada batuan asal andesit dan batuan breksi. Pada analisa petrografi dan X-Ray Diffraction didapat mineral ubahan seperti klorit, epidot yang menandakan bahwa daerah tersebut termasuk pada batuan alterasi dengan tipe ubahan propilitik.

Zona alterasi argilik memiliki sebaran dengan luasan 25% pada daerah penelitian yang disusun oleh himpunan mineral Illit + Monmorilonit. Zona alterasi ini berkembang di bagian barat dan bagian tengah daerah penelitian, zona ini terbentuk pada temperature 100-300%, fluida asam hingga netral dan salinitas yang rendah. Pada kenampakan di lapangan batuan alterasi ini menunjukkan kenampakan merah kekuningan yang umumnya bersifat lapuk. Pada analisa petrografi dan X-Ray Diffraction didapat mineral ubahan seperti illit dan smektite yang menandakan bahwa daerah tersebut termasuk pada batuan alterasi dengan tipe ubahan argilik, namun pada beberapa sample petrografi sulit diidentifikasi karena batuan alterasi mengalami pelapukan.

Zona alterasi silisik memiliki sebaran dengan luasan 10% pada daerah penelitian yang disusun oleh himpunan mineral Kuarsa + Pirit + Kalkopirit. Zona alterasi ini hanya berada pada spot spot tertentu yakni bagian barat dan bagian tengah yang diingkupi oleh tipe alterasi argilik.

Pada kenampakan di batuan alterasi ini menunjukkan kenampakan putih kekuningan yang mengandung mineral sulfida dan berkilap yang bersifat keras. Tipe ubahan ini cenderung merubah mineral – mineral pada batuan asal lava andesit. Pada analisa petrografi dan X-Ray Diffraction didapat mineral seperti illit, kuarsa, dan opak yang merupakan mineral berada pada vein bertekstur comb.



Gambar 5 Peta alterasi pada daerah telitian

2. Mineralisasi

Mineralisasi pada daerah telitian dicirikan dengan keberadaan alterasi potasik dan klorit-serisit yang disertai kehadiran *stockwork* yang melimpah, berupa *vein* pada system porifiri. Mineralisasi pada daerah telitian secara megaskopis *disseminated* pada zona dengan intensitas *vein* porfiri yang tinggi. Serta di beberapa tempat ditemukan juga mineral oksida seperti malakit.

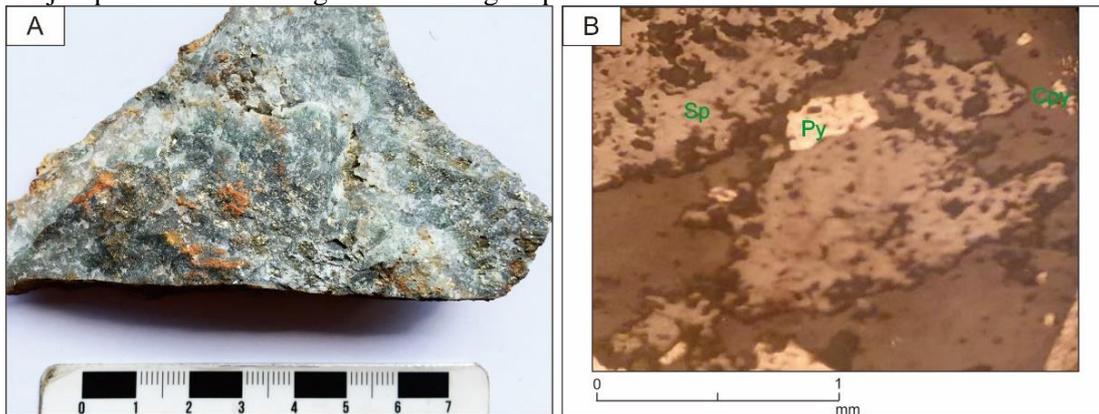
Kehadiran mineral bijih dapat diamati secara megaskopis, namun untuk lebih detailnya menggunakan analisis mineragrafi pada beberapa sampel terpilih. Kandungan mineral bijih akan berasosiasi dengan vein kuarsa pada litologi batuan intrusif. Hasil pengamatan megaskopis dan mineragrafi, menunjukkan kehadiran mineral bijih seperti bornit (Cu_5FeS_4), kalkopirit ($CuFeS_2$), magnetit (Fe_3O_4), pirit (FeS_2), hematit (Fe_2O_3), dan malakit ($Cu_2CO_3(OH)_2$).

Pirit (FeS_2) merupakan salah satu jenis mineral logam sulfida yang banyak dijumpai pada daerah penelitian. Mineral logam pirit berwarna kuning pucat, gores kuning, kilap logam dan mempunyai kekerasan 6 skala mohs. Dalam analisa mineragrafi, mineral logam

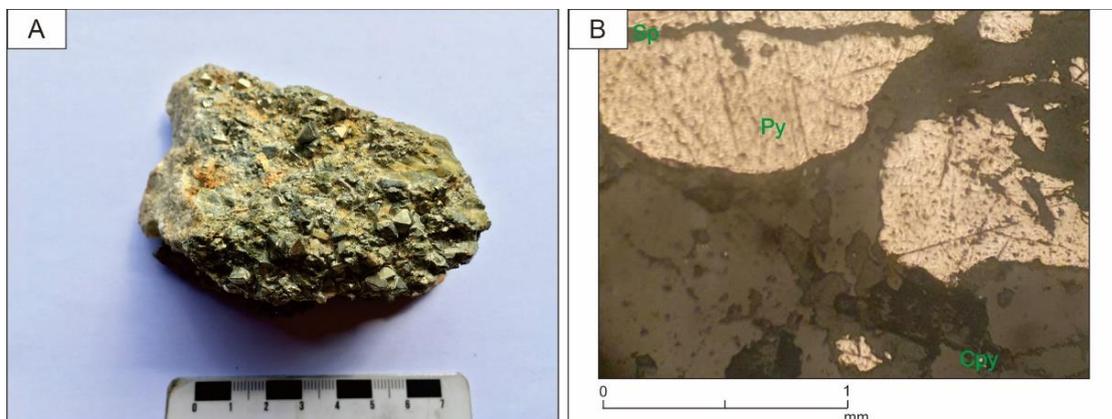
pirit berwarna abu-abu kekuningan, relief kuat dengan ukuran 0,1 - 0,9 mm, bentuk Kristal euhedral – subhedral, tidak menunjukkan birefringence. Berdasarkan kenampakan di lapangan dan analisa memperlihatkan tekstur mineralisasi menyebar.

Kalkopirit (CuFeS_2) merupakan salah satu jenis mineral logam sulfida yang dijumpai daerah penelitian. Mineral logam kalkopirit berwarna kuning gelap, gores gelap, kilap logam, kekerasan 3,5 skala mohs, dan umumnya berbentuk tetragonal. Mineral logam kalkopirit dijumpai bersamaan dengan mineral logam pirit. Dalam analisa mineragrafi, mineral logam kalkopirit berwarna kuning kecoklatan, relief kuat dengan ukuran 0,1 mm, bentuk Kristal subhedral, tidak menunjukkan birefringence. Berdasarkan kenampakan di lapangan dan analisa memperlihatkan tekstur mineralisasi menyebar.

Arsenopirit (FeAsS) merupakan salah satu jenis mineral logam sulfida yang dijumpai pada daerah penelitian, mineral logam arsenopirit berwarna kuning terang, gores gelap, kilap logam, kekerasan 6 skala mohs, dan berbentuk monoklinik. Mineral logam arsenopirit dijumpai bersamaan dengan mineral logam pirit.

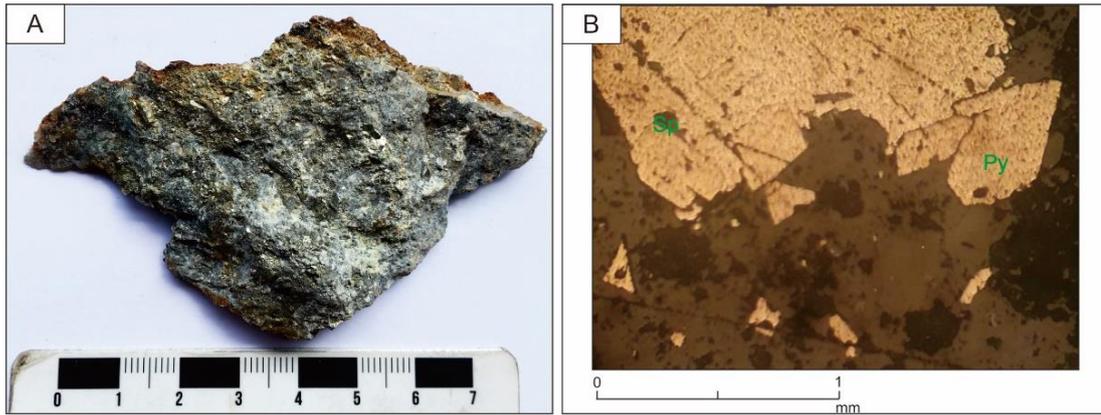


Gambar 6 Sampel batuan termineralisasi LP 131



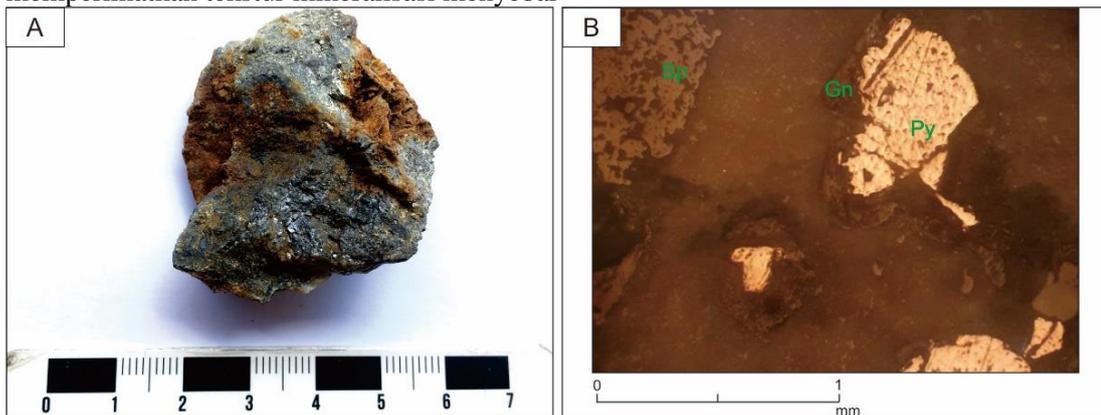
Gambar 7 Sampel batuan termineralisasi LP 133

Sphalerit ($(\text{Zn,Fe})\text{S}$) merupakan salah satu mineral logam sulfida pada daerah penelitian. Mempunyai ukuran relative kecil (1-3mm) hingga sedang (3-5mm). mineral bijih sphalerit berwarna abu-abu kehitaman dengan kilap kusam, kekerasan 3,5 skala mohs, gores coklat kusam dan umumnya berbentuk tetrahedral. Mineral bijih sphalerit dijumpai bersamaan dengan mineral bijih seperti galena. Dalam analisa mineragrafi, mineral logam sphalerit berwarna abu-abu gelap, relief dengan dengan ukuran 0,1 – 0,2 mm, bentuk Kristal subhedral dan tidak menunjukkan birefringence. Berdasarkan kenampakan di lapangan dan analisa memperlihatkan tekstur mineralisasi menyebar.



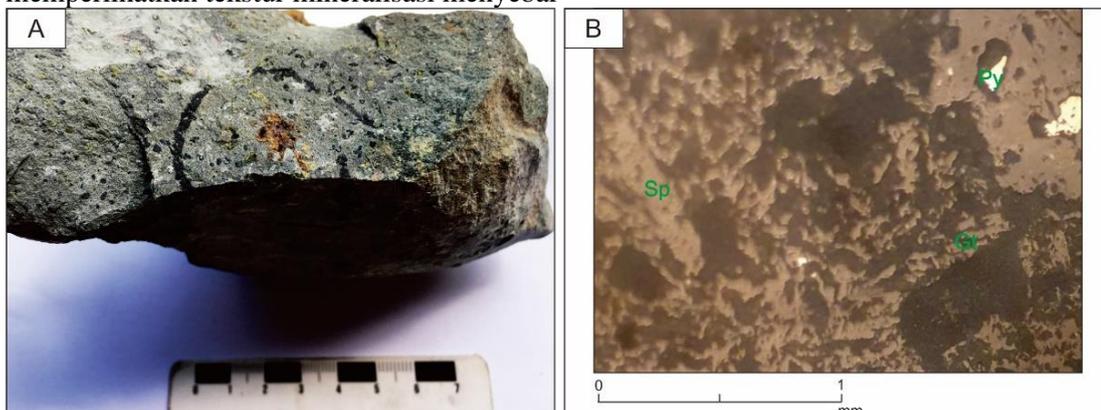
Gambar 8 Sampel batuan termineralisasi LP 102

Galena (PbS) merupakan salah satu jenis mineral logam sulfida yang banyak dijumpai pada daerah penelitian. Mempunyai ukuran relative kecil (1-3mm) hingga sedang (3-5mm). Mineral bijih galena berwarna abu-abu kebiruan dengan kilap logam, kekerasan 2,5 skala mohs, gores gelap dan umumnya berbentuk kubus. Mineral bijih galena berasosiasi dengan mineral bijih lainnya seperti sphalerit dan pirit. Dalam analisa mineragrafi, mineral logam galena berwarna abu-abu, relief sedang dengan ukuran 0,2 mm, bentuk Kristal subhedral dan tidak menunjukkan bireflentance. Berdasarkan kenampakan di lapangan dan analisa memperlihatkan tekstur mineralisasi menyebar



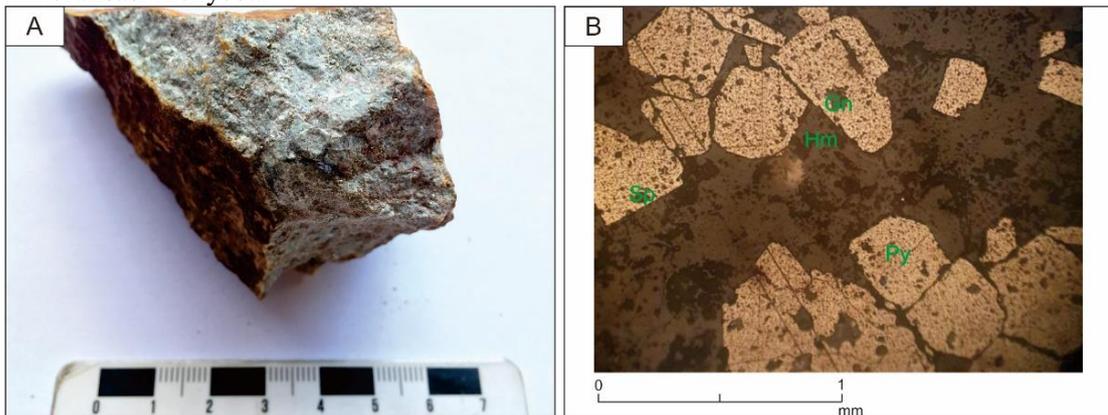
Gambar 9 Sampel batuan termineralisasi LP 101

Goetite (FeO(OH)) merupakan salah satu mineral logam oksida pada daerah penelitian yang hanya ditemukan pada LP tertentu. Mempunyai ukuran relative kecil (1-3mm). mineral goetite berwarna coklat gelap dengan kilap logam, kekerasan 5 skala mohs, dan umunya berbentuk kristal seperti jarum. Dalam analisa mineragrafi, mineral logam goetite berwarna coklat gelap, relief lemah dengan ukuran 0,2 mm, bentuk Kristal anhedral dan tidak menunjukkan bireflentance. Berdasarkan kenampakan di lapangan dan analisa memperlihatkan tekstur mineralisasi menyebar



Gambar 10 Sampel batuan termineralisasi LP 94

Hematite (Fe_2O_3) merupakan salah satu mineral logam oksida pada daerah penelitian yang hanya ditemukan pada LP tertentu. Mempunyai ukuran relative kecil (1-33mm). mineral hematite berwarna coklat kemerahan dengan kilap logam, kekerasan 5 skala mohs dan umumnya berbentuk Kristal. Mineral hematite ditemukan sebagai urat pada kenampakan di lapangan. Dalam analisa mineragrafi, mineral logam hematite berwarna merah kecoklatan, relief lemah dengan ukuran 0,1 – 0,2 mm, bentuk Kristal anedral dan tidak menunjukkan bireflentance. Berdasarkan kenampakan di lapangan dan analisa memperlihatkan tekstur mineralisasi menyebar



Gambar 11 Sampel batuan termineralisasi LP 146

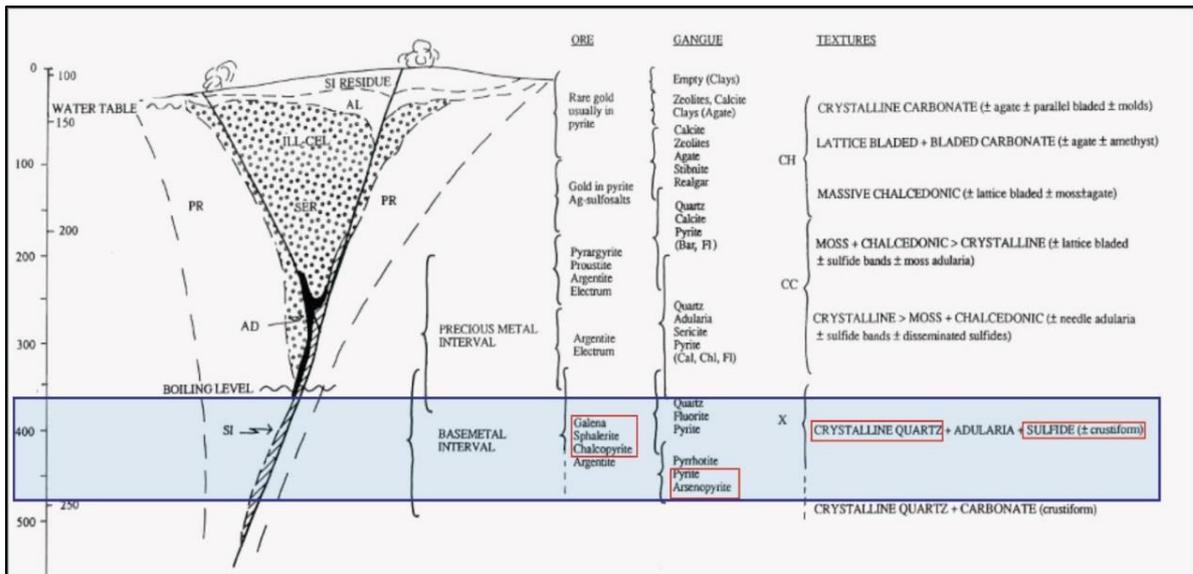
3. Tipe Endapan Epithermal

Dengan melakukan pengamatan pada setiap lokasi pengamatan dan analisa yang telah dilakukan, didapatkan data – data acuan untuk menentukan tipe endapan yang berkembang pada daerah penelitian. penentuan tipe endapan berdasarkan beberapa parameter yang didapat seperti tipe alterasi, asosiasi mineral, mineral penyerta, dan tekstur.

Berdasarkan pengamatan didapat mineral berupa pirit, kalkopirit, galena, sphalerit, goetite, hematite dengan tekstur berupa comb, crustiform, colloform. Asosiasi mineral ubahan berupa kuarsa, klorit, epidot, illit, monmorilonit, kaolinit dengan tipe alterasi propilitik (Klorit + Illit + Kuarsa ± Epidot), alterasi argilik (Illit + Monmorilonit + Kaolinit + Kuarsa), dan alterasi silisik (Kuarsa + Pirit + Kalkopirit ± Galena ± Sphalerit). Dapat disimpulkan bahwa daerah penelitian termasuk dalam tipe endapan epithermal sulfidasi rendah (Low Sulfidation).

4. Zonasi Epithermal

Berdasarkan pengamatan urat bertekstur *comb*, dan *disseminated sulphide*, maka daerah penelitian berada pada zona *sulfide* dan zona *crystalline quartz*. Mineralisasi yang ditemukan pada daerah telitian berdasarkan pengamatan megaskopis dan mineragrafi adalah sphalerit, kalkopirit, galena, pirit dan arsenopirit. Berdasarkan tekstur urat dan mineralisasi yang ditemukan pada daerah telitian, maka daerah telitian merupakan bagian dari zona *Base Metal Horizon* pada sistem endapan epitermal sulfidasi rendah.



Gambar 12 Zonasi tekstur urat kuarsa system endapan epithermal sulfidasi rendah (Buchanan, 1981 modikasi Morrison, 1990)

Sejarah Geologi

Awal sejarah geologi pada kala tersier awal dimana terangkatnya batuan Pra-Tersier dan Eosen juga menghasilkan laut dalam didaerah tinggian. Pada saat itu diendapkan sedimen turbidit yang berasosiasi dengan batuan gunungapi Oligo-Miosen di lingkungan laut akibat penunjaman lempeng samudra hindia.

Pada Oligosen Akhir terjadi pengendapan Satuan Breksivulkanik Mandalika hasil produk gunungapi dan bersamaan dengan pengendapan Satuan Andesit Watupatok. Kemudian terendapkannya Satuan Batupasirtufan Arjosari yang diasumsikan mempunyai hubungan menjeri.

Kada kala Miosen Awal sudah tidak terjadi proses pengendapan, namun menjelang akhir miosen awal terjadinya susut laut sehingga sebagian Satuan Formasi Arjosari dan Satuan Formasi Mandalika berada diatas permukaan laut. Hadirnya aktivitas tektonik seperti kekar dan sesar dari periode 1 yang mengakibatkan tegasan berarah Timur – Barat Laut. Dan juga hadirnya intrusi andesit yang diasumsikan sebagai post magmatisme berumur Akhir Miosen Awal penyebab terjadinya alterasi dan mineralisasi pada daerah penelitian akibat penerobosan batu sampling oleh intrusi dangkal (sub volcanic intrusion).

Kompresi tektonik terus berlangsung pada Miosen Tengah yang menghasilkan sesar dari periode 2 yakni sesar mendatar kiri berarah Timur Laut – Barat Daya, dan sesar mendatar kanan berarah Utara – Selatan. Zona persebaran alterasi mineralisasi mengikuti pola sesar - sesar yang dihasilkan oleh proses kompresi pada kala Miosen Tengah.

Kesimpulan

Penelitian yang dilakukan berdasarkan data dan interpretasi ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pola pengaliran pada daerah pengaliran terdiri dari pola pengaliran radial dengan arah umum aliran segala arah, pola pengaliran subparallel dengan arah umum aliran N 345 E, dan pola pengaliran subtrellis dengan arah umum aliran N 285 E.
2. Geomorfologi pada daerah penelitian yakni bentuk asal struktural terdiri dari satuan bentuklahan perbukitan struktural, satuan bentuklahan lembah struktural dan bentuk asal fluvial yakni satuan bentuklahan tubuh sungai.
3. Stratigrafi daerah penelitian disusun oleh lima satuan batuan yakni, Satuan Batuan Breksivulkanik Mandalika, Satuan Batuan Andesit Watupatok, Satuan Intrusi Andesit, dan Satuan Endapan Koluvial

4. Struktur daerah penelitian dikontrol oleh struktur berupa kekar dan sesar dimana sesar mengontrol alterasi dan mineralisasi daerah penelitian yang relative berarah Utara – Selatan dan Timur Laut – Barat Daya.
5. Alterasi pada daerah penelitian dibagi menjadi empat zona tipe ubahan yakni zona alterasi propilitik, zona alterasi argilik, zona alterasi silisik, dan zona tidak teralterasi dengan intensitas ubahan kuat hingga kuat.
6. Mineralisasi daerah penelitian menghasilkan mineral bijih yakni pirit, kalkopirit, arsenopirit galena, sphalerit, goetite, dan hematite. Mineralisasi ditemukan pada diseminasi pada vuggy dan sedikit pada urat kuarsa.
7. Berdasarkan karakteristik dan parameter yang didapat daerah penelitian dan diterapkan pada tipe endapan epithermal menurut Sillitoe (2003) disimpulkan bahwa daerah penelitian merupakan daerah endapan epithermal sulfidasi rendah.
8. Berdasarkan tekstur urat dan mineralisasi yang didapat pada daerah penelitian dan diterapkan pada sistem endapan epithermal sulfidasi rendah menurut Buchanan, (1981) modifikasi Morrison, (1990) disimpulkan bahwa daerah penelitian merupakan bagian dari *base metal horizon*.
9. Terdapat potensi positif daerah penelitian yakni potensi hasil pertanian, potensi hasil tambang, dan potensi geowisata. Terdapat juga potensi negatif daerah penelitian yakni potensi longsor.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, C. I., Magetsari, N. A., Purwanto, Heru Sigit. 2003. 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. *Prosiding ITB Sains & Teknologi* Vol. 35 A, No. 2, 2003 111-127.
- Bemmelen, R.W.van. 1949. *The Geology of Indonesia*, Vol. IA. The Hague, Government Printing Office
- Corbett, G.J. & Leach, T. 1997, *Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems: Structure, Alteration and Mineralization*. Australia: Short Course Manual.
- Martodjojo, S., dan Djuhaeni, 1996. *Sandi Stratigrafi Indonesia*. Komisi Sandi Stratigrafi Indonesia, Ikatan Ahli Geologi Indonesia, Jakarta, 55 hal.
- Nahrowi T.Y., Suratman., Namida, S., Hidayat, S. 1978. *Geologi Pegunungan Selatan Jawa Timur. Bagian Eksplorasi Pusat Pengembangan Tenaga Perminyakan dan Gas Bumi*, Lemigas: Cepu.
- Guilbert, J.M., dan Park, C.F.JR., 1986. *The Geology of Ore Deposits*. W.H. Freeman and Company, New York. 985 p.
- Pirajno, F. 1992. *Hydrothermal Mineral Deposits, Principles and Fundamental Concept for the Exploration Geologist*. Berlin: Springer.
- Pirajno, F. 2009. *Hydrothermal Processes and Mineral Systems*. Australia: Springer.
- Rickard, M. 1972. *Fault Classification – Discussion*. *Bulletin Geology Society of America*, vol. 83 p. 2545 -2546.
- Samudera, Hanang. 1990. *Geologi Terinci: Tatanan Stratigrafi dan Tektonik Pegunungan Selatan Jawa Timur, Antara Pacitan – Ponorogo*. Jakarta: Bidang Pemetaan Geologi Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Samudera, H., Gafour, S., dan Tjokrosapoutro, S. 1992. *Geologi Lembar Pacitan, Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi; Bandung.
- Sillitoe, R.H., Hedenquist, J.W., (2003). *Linkages between volcanotectonic settings, orefluid compositions, and epithermal precious metal deposits*. In: Simmons, S.F., Graham, I.J. (Eds), *Volcanic, Geothermal and Ore-forming Fluids: Rulers and Witnesses of Processes within the Earth*, *Soc. Econ. Geol., Special Publication 10*, 315-343.
- White, Noel C. & Hedenquist, Jeffrey W. 1995. *Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristics and Exploration*. *SEG Newsletter* October 1995 No. 23.
- Williams, H., Turner, F.J., dan Gilbert, C.M., (1982) : *Petrography, An Introduction to Study of Rock in Thin Section*. University of California, Barkeley, W.H, freeman and Company, San Fransisco, 406 p.
- Zuidam, R. A. van. 1983. *Aerial Photo - Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. ITC Enschede The Nederland.