

# Alterasi dan Karakteristik Urat Tembaga Berdasarkan Metode Anaconda Mapping Tunnel X Kabupaten Pacitan Jawa Timur

Hadi Prayoga<sup>1</sup>, Amara Nugrahini<sup>2</sup>, Herning Dyah Kusuma Wijayanti<sup>3</sup>

Jl. Babarsari, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281, Telp. (0274)487249

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral,  
Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

e-mail : [hadiprayoga675@gmail.com](mailto:hadiprayoga675@gmail.com), [amara@itny.ac.id](mailto:amara@itny.ac.id), [herningdyah@itny.ac.id](mailto:herningdyah@itny.ac.id)

## Abstrak

Endapan epitermal merupakan hasil aktivitas larutan hidrotermal yang berkaitan dengan vulkanisme dan intrusi dengan kedalaman berkisar 1 - 1,5km dan suhu 50°C-300°C. Kabupaten Pacitan, Jawa Timur memiliki sistem vulkanisme yang kompleks ditinjau dengan adanya multi-intrusi pada kala Oligosen - Miosen. Hal ini dipicu karena tektonik Pulau Jawa yang mengalami setidaknya 4 kali proses tektonik yang menyebabkan terbentuknya endapan logam berharga (*precious metal deposit*). Alterasi hidrotermal memiliki manifestasi keberadaan *precious metal* salah satunya deposit tembaga dan logam dasar. Metode *Anaconda Mapping* merupakan metode eksplorasi pemetaan rinci untuk mengetahui intensitas sebaran alterasi dan mineralisasi. Dari hasil analisis petrografi mineral lempung teridentifikasi serisit-illit dan analisis geokimia terraspektral (ASD) mendeteksi kehadiran mineral lempung pirofilit. Interpretasi sampel *handspeciment* berupa kaolin – smektit – illit – serisit – dikit – pirofilit merupakan tipe alterasi sulfidasi tinggi hingga argilik lanjut-argilik berubah secara pervasif. Berdasarkan analisis mineragrafi terdiri dari mineralisasi golongan sulfida dan sulfosat yaitu, kalkosit – enargit – pirit – kovelit – tetrahidrit – tenantit – sfalerit – kalkopirit dan mineral pengkayaan oksida berupa hematit – gutit – malasit – azurit dan jerosit. Jenis urat terdiri dari *Vein Massive Sulfide*, *Vein Pyrite*, *Vein Pyrite-Qz*, *Vein Quartz*, *Vein AB*; *Vein Hematite*, *Vein Black Sulfide* (Tembaga-logam dasar). Urat Cu memiliki pola sebaran baratlaut – tenggara dan urat Fe silika dominan timurlaut – baratdaya.

**Kata Kunci** : Epitermal, Alterasi Hidrotermal, Endapan Tembaga, Sulfidasi Tinggi, Anaconda Mapping

## Abstract

*Epithermal deposits are the result of hydrothermal solution activity related to volcanism and intrusion with depths ranging from 1 - 1.5km and temperatures of 50°C-300°C. Pacitan Regency, East Java has a complex system of volcanism in terms of the presence of multiple intrusions during the Oligocene - Miocene. This was triggered by the tectonics of Java Island which experienced at least 4 times a tectonic process which caused the formation of precious metal deposits. Hydrothermal alteration has manifestations of the presence of precious metals, one of which is copper and base metal deposits. The Anaconda Mapping method is a detailed exploration mapping method to determine the intensity of distribution of alteration and mineralization. From the results of petrographic analysis of clay minerals identified as sericite-illite and terraspectral geochemical analysis (ASD) detected the presence of pyrophyllite clay minerals. Interpretation of the hands specimen in the form of kaolin – smectite – illite – sericite – dickite – pyrophyllite is a type of high sulfidation alteration to argillic-advance argilic. Based on mineragraphic analysis, it consists of sulfide and sulfosate mineralization, namely, chalcocite – enargite – pyrite – covellite – tetrahydrite – tenantite – sphalerite – chalcopyrite and oxide-enrichment minerals in the form of hematite – goethite – malachite – azurite and jerosite. Vein types consist of Vein Massive Sulfide, Vein Pyrite, Vein Pyrite-Qz, Vein Quartz, Vein AB; Vein Hematite, Vein Black Sulfide (Copper-base metal). The Cu veins have a distribution pattern of northwest – southeast and the dominant northeast – southwest Fe silica veins.*

**Keywords** : Epithermal, Hydrothermal Alteration, Copper Deposits, High Sulfidation, Anaconda Mapping

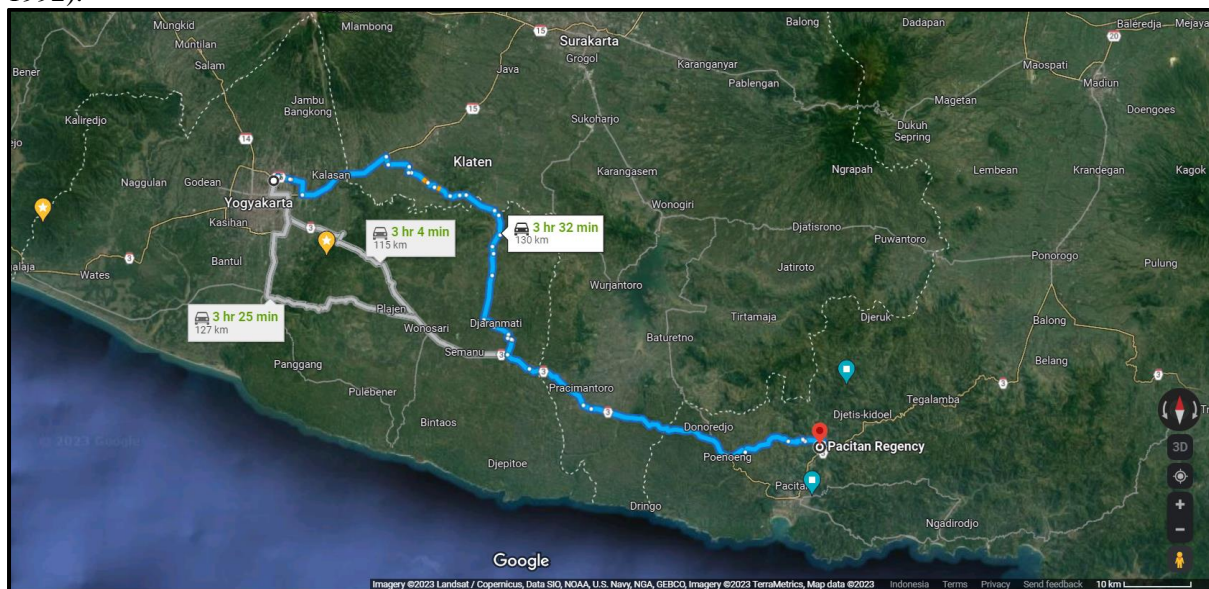
## 1. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara busur kepulauan aktif merupakan hasil dari proses subduksi yang terdapat di sepanjang pertemuan antara kontinen Eurasia dan kontinen Indo-Australia yang mengakibatkan munculnya gunung api aktif di Selatan Pulau Jawa. Sistem hidrotermal yang berperan di daerah Pacitan, Jawa Timur memiliki sistem endapan epitermal (*base metal horizon* Cu, Pb, Zn, Sn, Fe) hingga mesotermal (*precious metal horizon* Au, Ag, Pt). Hal tersebut sangat menarik untuk dilakukan penelitian lebih rinci terkait karakteristik hidrotermal dalam penentuan sebaran alterasi dan karakteristik vein tembaga berdasarkan metode *Anaconda Mapping*.

Metode *Anaconda Mapping* merupakan metode eksplorasi mineral berdasarkan pada pengkodean warna dari fitur-fitur alterasi dan mineralisasi, dengan penambahan kehadiran mineral/vein, kemenerusan/arah (*vein, strike & dip*), tipe *vein/kontak* alterasi dan mineralisasi. Metode *Anaconda Mapping* secara umum terfokus pada pemetaan endapan tipe porfiri, namun pendekatan metode ini mudah di modifikasi pada tipe endapan ekonomi lainnya (Einaudi, 1997). Metode ini akan diterapkan dalam menentukan sebaran alterasi dan karakteristik urat tembaga pada daerah penelitian.

## 2. METODE PENELITIAN

Secara administratif daerah penelitian termasuk kedalam Daerah X, Kabupaten Pacitan, Provinsi Jawa Timur. Daerah penelitian termasuk dalam Peta Geologi Lembar Pacitan (Samodra, dkk., 1992).



**Gambar 1.** Peta lokasi kesampaian daerah penelitian (Google Maps, 2021).

Dalam menyelesaikan permasalahan yang ada pada daerah penelitian, dilakukan pengambilan data geologi bawah permukaan (*mapping underground*) menggunakan metode geologi eksplorasi *Anaconda Mapping*. Pengambilan contoh batuan/litologi menggunakan metode *channel sampling* dan *grab sampling*. *Channel sampling* disesuaikan pada keberadaan dan dimensi urat tembaga dengan contoh batuan minimal 3 id sampel (batuan samping 1, urat tembaga dan batuan samping 2). *Grab sampling* dilakukan secara *random* mewakili intensitas alterasi lempung dan silisifikasi pada batuan. Analisis mikroskopis terdiri dari analisis petrografi (sayatan tipis) untuk mengetahui komposisi mineral alterasi dan litologi, identifikasi mineral bijih menggunakan analisis mineragrafi (sayatan poles) untuk mengetahui jenis mineral logam serta analisis *teraspectral* (ASD) untuk mengetahui jenis mineral lempung pada daerah penelitian. Pemetaan dilakukan dengan luasan panjang *tunnel*  $\pm 1100\text{m}$  dengan elevasi 145m, terdapat 32 titik sampel untuk mendukung sebaran dan karakteristik alterasi mineralisasi.

Pemetaan bertujuan untuk pendataan perubahan zona alterasi dan mineralisasi, *trend* kemenerusan urat tembaga, sebaran potensi mineral bijih, kontrol geologi hingga interpretasi geologi.

Tahapan pendukung awal berupa pengumpulan semua hasil studi literatur yang sebagian besar bersumber dari internet, jurnal geologi, buku-buku geologi mengenai endapan mineral. Tahap pengambilan data dilakukan dengan pemetaan eksplorasi menggunakan metode *anaconda mapping* dan pengambilan sampel di titik tertentu dengan metode *channel sampling* dan *grab sampling*. Analisis laboratorium terdiri dari analisis petrografi, analisis mineragrafi dan analisis geokimia ASD. Analisis petrografi digunakan untuk memberikan gambaran litologi primer dan intensitas ubahannya, himpunan mineral sekunder/ubahan sebagai dasar penentuan jenis ubahan dan pengamatan mineral bijih. Analisis mineragrafi dilakukan untuk mengetahui jenis mineral bijih, tekstur mineral bijih, asosiasi mineral bijih serta paragenesanya. Mineragrafi dapat sebagai interpretasi kejadian aktual fase-fase mineral berharga seperti hubungan mineralogi dan tekstur *vein massive* yang dapat diamati secara langsung serta pengaruh seperti pengayaan supergen atau okidasi. Analisis geokimia dengan metode ASD (Teraspektral) digunakan untuk menentukan jenis mineral lempung yang tidak terekam pada pengamatan petrografi. Analisis ini mendeteksi mineralogi yang memiliki gugus AlOH, CaO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan Mg atau Mn. Analisis ASD dilakukan dengan membuat sampel bubuk dari sampel yang mengandung mineral alterasi. Analisis dilakukan menggunakan alat ASD *portable* jenis ASD *TerraSpec Halo Mineral Identifier*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemetaan pada *Tunnel* dilakukan pada *Tunnel X* dengan total lintasan ±1100m dalam bentuk *underground mapping*. Pemetaan *tunnel* menggunakan metode geologi eksplorasi modifikasi *anaconda mapping*. Pemetaan bertujuan untuk pendataan perubahan zona alterasi dan mineralisasi, *vein lineament*, sebaran potensi *ore basemetal*, *geological setting control* serta interpretasi geologi.

Karakteristik alterasi dan mineralogi didasarkan pada pemetaan yang dilakukan pada *Tunnel X*, terdapat 32 titik sampel yang diambil menggunakan metode *Channel Sampling* dan *Grab Sampling*. Karakteristik alterasi dan mineralogi dibagi menjadi 6 segmen (Tabel 1).

Tabel 1. Karakteristik dan Sebaran *ore Cu – Basemetal*

Segmen	Jarak (m)	Litologi/Wallrock	Jenis Urat	Mineral Pengisi	Tebal Urat (cm)	Keterangan
1	0-200	Breksi Piroklastik dan Dasit	<i>vein</i>	py+bsp	4	<i>Supergene mlc-az</i>
2	200-353	Ore, batuan samping dasit	<i>vein massive</i>	Py + Ccp + Ten + En + Cov + Sph + Qz.	20-50	<i>Drussy cavity, euhedral tetrahedron pyrite</i>
3	353-498	Ore, batuan samping dasit	<i>vein massive</i>	Py + Ccp + Ten + En + Cov + Sph + Qz.	20-70	<i>Cu - base metal</i>
4	498-746	Dasit Porfiri	<i>vein</i>	py+qz	<5	<i>ore cross cut structure</i>
5	746-923	Dasit Porfiri	<i>vein</i>	qz+py	<10	<i>trace ore basemetal</i>
6	923-1100	Ore, batuan samping dasit	<i>vein massive</i>	py + td - tn + en + ccp + qz + sph + mlc + ox	100-200	<i>phreatomagmatic dacite breccia</i>

## Kontrol Geologi Terhadap Alterasi dan Mineralisasi

Mineralisasi logam dasar *basemetal* pada daerah pemetaan dikontrol oleh dua faktor yaitu faktor litologi dan faktor struktur geologi. Berdasarkan hasil data dan ditinjau dari aspek stratigrafi daerah pemetaan. Litologi dari satuan tertua hingga termuda tersusun atas Satuan Dasit/dasit 1, Satuan Dasit Porfiri/dasit 2 (indikasi intrusi dasit), Satuan Breksi Dasit (*Phreatomagmatic Breccia*) dan Satuan Breksi Piroklastik.

Satuan dasit porfiri (dasit 2) memiliki tekstur faneroporfiritik, tekstur ini memiliki potensi permeabilitas yang lebih baik dibandingkan tekstur porfiroafanitik pada satuan dasit 1. Ini disebabkan karena pada tekstur faneroporfiritik memiliki ukuran fenokris yang relatif lebih besar. Sehingga diseminasi pada sulfida dapat berkembang baik. Meskipun adanya satuan Breksi dasit / *phreatomagmatic breccia* serta satuan breksi piroklastik. Satuan tersebut tidak menjadi sumber pembawa *ore basemetal*. Sebab fase hidrothermal aktif berkembang pada *stage* batuan dasit porfiri dan mulai melemah pada fase berikutnya. Hal ini dicirikan dengan fragmen breksi telah teralterasi kuat >70% dan matriks terdiri dari alterasi kaolin sangat lemah.

Kehadiran struktur geologi menambah nilai permeabilitas batuan karena dapat menjadi jalur permeabilitas yang baik sehingga fluida hidrotemal dapat masuk melalui celah batuan. Kontrol litologi terlihat dari penyebaran alterasi silisifikasi dan *kaoline - smectite* yang lebih banyak pada satuan dasit 2. Mineralisasi pada daerah penelitian juga terlihat dikontrol oleh vulkanik. Indikasi tersebut didasarkan pada persebaran mineralisasi dalam bentuk urat yang secara dominan menyusun Satuan Dasit 2, sementara pada Satuan Dasit 1 ditemui urat mineralisasi *quartz - banded*.

Struktur geologi yang berkembang pada daerah pemetaan *tunnel* adalah breksiasi (sesar geser diperkirakan dan sesar normal diperkirakan). Struktur geologi sebagai zona lemah masuknya fluida hidrothermal sehingga membentuk urat. Dalam kasus ini peran struktur geologi adalah yang paling utama. Bukan *vein ore basemetal* dimulai dari arah breksiasi dan *shear* searah breksiasi dan beberapa arah *extensional*.

Secara umum daerah pemetaan memiliki arah breksiasi dengan trend WNE – ESE dan *shear* NW – SE. Arah *extensional* NE – SW. Sesar geser merupakan jenis struktur yang sangat baik dalam kaitannya terhadap alterasi dan mineralisasi karena bersifat *transpression* atau jenis struktur yang mengerut sampai ke bawah permukaan dan membuat *ore shot* yang bersifat vertikal untuk jalur fluida hidrothermal naik membentuk alterasi dan mineralisasi. Kompleksitas struktur tersebut menambah nilai permeabilitas batuan.

### Alterasi dan Mineralisasi

Daerah pemetaan telah mengalami alterasi yang intensif yaitu alterasi *clay silica*, Zona Illit – Serisit ; Zona Illit – Serisit– Smektit ; dan Zona Illit – Serisit - Kaolin. Daerah penelitian memiliki batuan induk dasit dengan tekstur bijih yang dijumpai tekstur primer dan diseminasi. Alterasi yang dijumpai di daerah penelitian berupa alterasi *Clay Silica*. Pada bagian dalam *tunnel* (paling akhir) merupakan zona pirofilit - serisit, alterasi kuat berpengaruh terhadap pengisian fluida *ore Cu basemetal* pada zona breksiasi. Mineral pirofilit menjadi penciri lingkungan alterasi terjadi pada sulfidasi tinggi-intermediet sulfidasi, hal ini berkaitan dengan kehadiran mineralisasi yang hanya terbentuk pada suhu tinggi yaitu enargit, tenantit, tetrahidrit. Pada bagian tengah *tunnel* adanya pengkayaan smektit dengan kandungan silika menengah dengan mineral kehadiran illit – serisit – smektit menjadi penciri fluida mendekati pH netral. Diikuti kearah keluar *tunnel* adanya perbedaan jenis *clay alteration* yaitu ill – ser – kln mengindikasikan lingkungan mendekati fase argilik. Alterasi lempung dapat menjadi kuat atau intens disebabkan adanya kehadiran *vein/veinlet* searah zona breksiasi NE – SW dan pada *gouge*.

### Mineral Sulfida dan Jenis Vein

Berdasarkan pengamatan lapangan, mineralisasi daerah pemetaan yang ditemukan berupa *Enargite – Tenantite – Tetrahidrite – Tetrahedral Pyrite – Octahedral Pyrite – Chalcopyrite – Covelite*

– Sphalerite – Azurite – Malachite – Hematite – Goethite – Jerosite. Pembentukan mineralisasi secara umum terjadi pada urat berupa tekstur *Massive*, *Saccharoidall*, *veinlet*, dan *bladed qz + py*.

Jenis vein dibagi atas kandungan mineral pengisinya berupa sulfida atau mineral *gangue* itu sendiri. Pada daerah penelitian terdapat 6 jenis urat yang berbeda, hal ini akan berkaitan dengan genetik pembentukan awal urat. Jenis urat tersebut meliputi : *Vein Massive Sulfide En – Tn – Td – Ccp – Cov – Sph – Azr – Mlc – Hem + Goe* ; *Vein Pyrite* ; *Vein Pyrite + Qz* ; *Vein Qz with black sulfide on centerlie (Cu basemetal)* / *Vein AB* ; *Vein Hematite* ; *Vein Py + Black Sulfide (Cu basemetal)*.

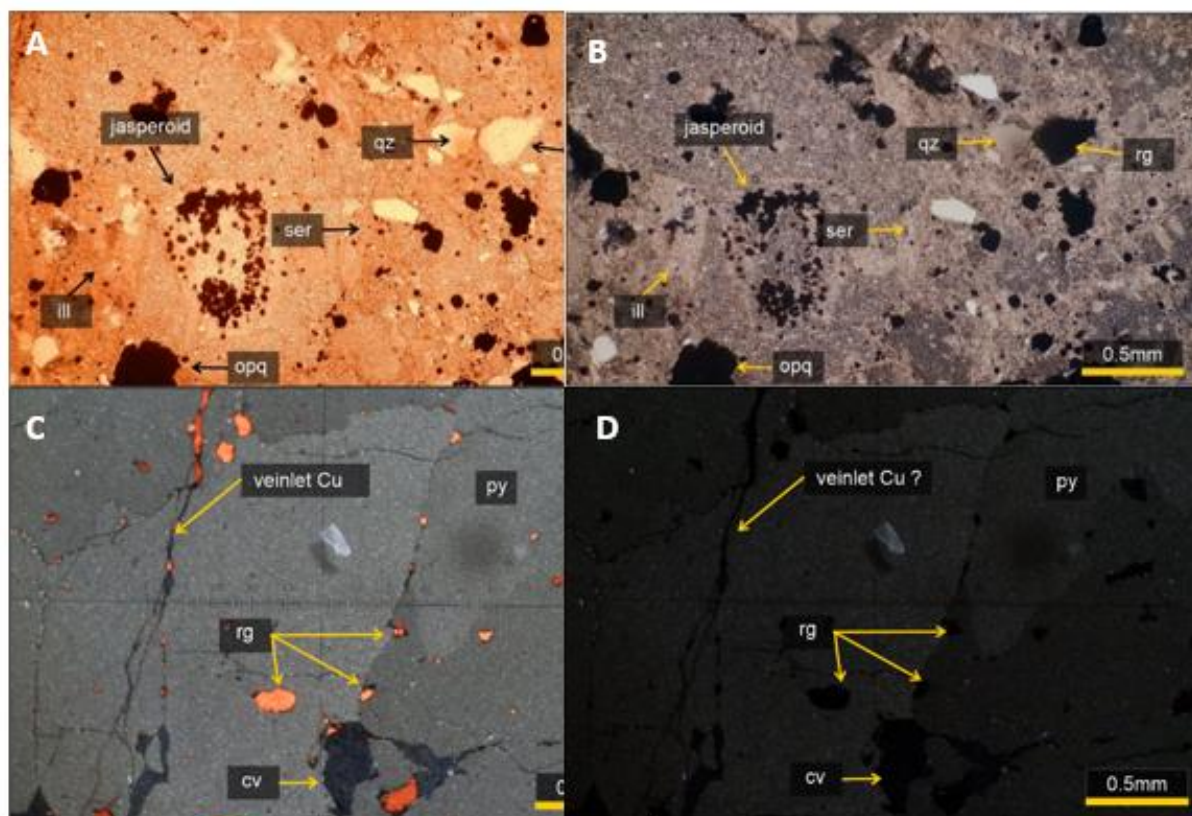
### Analisis Laboratorium

Analisis laboratorium menggunakan 3 metode meliputi, analisis petrografi, analisis mineragrafi (sayatan poles) dan analisis terraspektral (ASD).

#### A. Analisis Petrografi

Hasil dari analisis mineralogi dengan petrografi terlihat pada batuan sampling (*wallrock*) berupa dasit – dasit porfiri. Alterasi hidrotermal yang mengubah batuan sampling menjadi mineral ubahan illit – serisit – smektit – kaolin, terbentuk pada fase alterasi argilik. Mineralisasi yang berkembang baik di dalam batuan sampling maupun *ore* pada urat berupa tetrahidrit – tenantit – pirit – kalkopirit – sfalerit – enargit – kovelit – pirotit dan mineral *supergene* dan *oxidie* berupa hematit, gutit, malasit dan azurit.

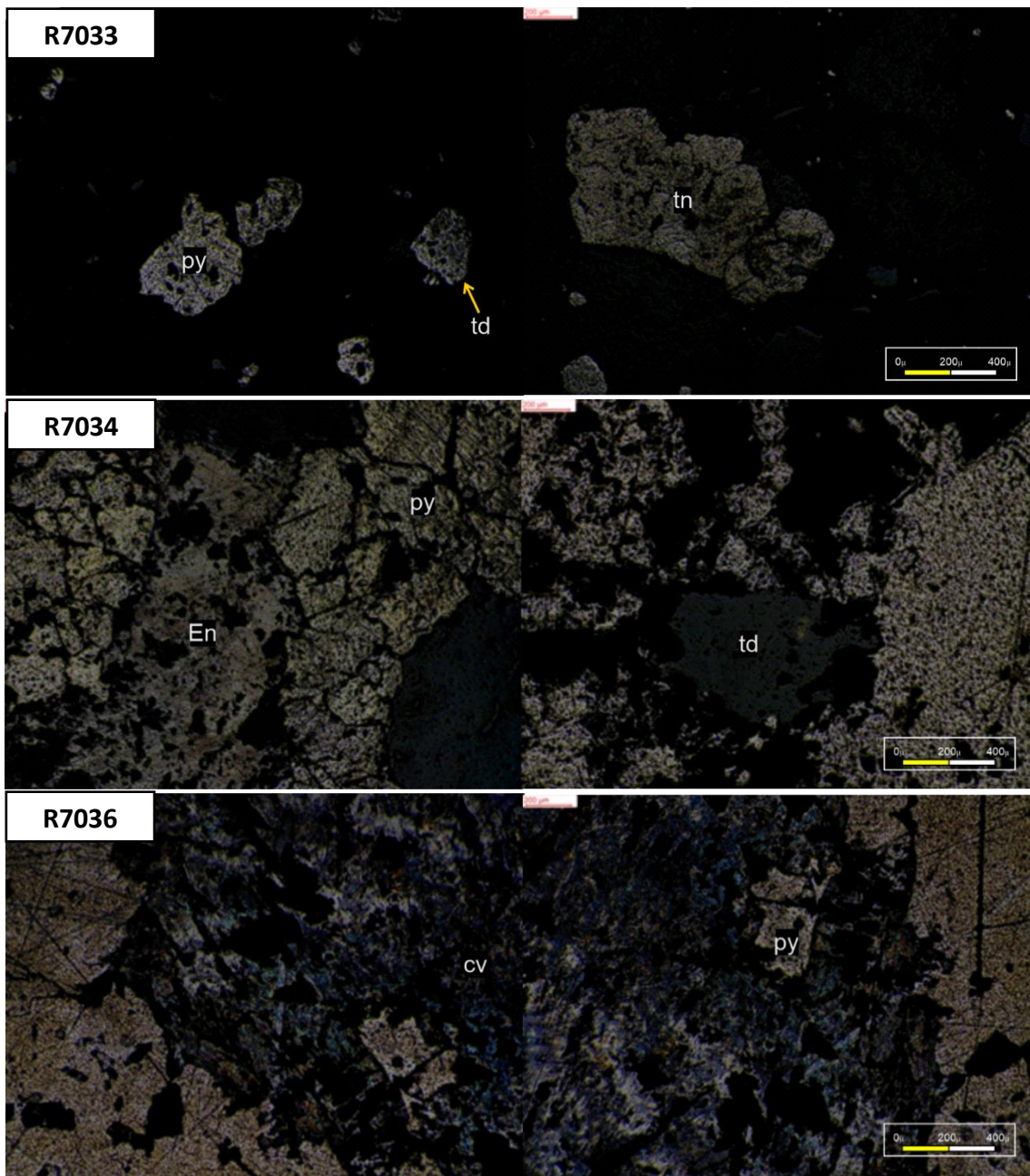
Batuan telah mengalami alterasi kuat >75%, pula secara kuat mineral telah berubah menyisakan kuarsa sebagai mineral primer. Silisifikasi bervariasi dari lemah – menengah. Sebaran mineral opak dengan tekstur diseminasi cenderung dominan pada *wallrock*. Mineral bijih hadir secara masif pada urat akibat bentukan struktur *wrench fault* (Gambar 3.1).



Gambar 2. R7033 (A.PPL ; B.XPL) Petrografi batuan sampling/*wallrock* terlihat adanya pengkayaan silika dengan kehadiran jasperoid dan *replacement* mineral opak. R7036 (C. PPL ; D. XPL) Petrografi *ore*, memperlihatkan adanya *veinlet* Cu dan mineral opak membentuk rongga akibat pelarutan.

### B. Analisis Mineragrafi (Sayatan poles)

Hasil analisis mineragrafi, menghasilkan *sulfidation state* dimulai dari fase suhu tinggi yang dicirikan dengan kehadiran *Cu base metal* hingga mineralisasi pada fase *supergen* malasit, hematit dan gutit (Gambar 3).



Gambar 3. Mikroskopi bijih pada batuan *waster / wallrock*, memperlihatkan tipe mineral opak yang hadir berupa pirit (py), tenanite (tn), tetrahedrit (td), enargite (en), dan late kovelit (cv). Kehadiran secara diseminasi. Medan pandang adalah 2 mm

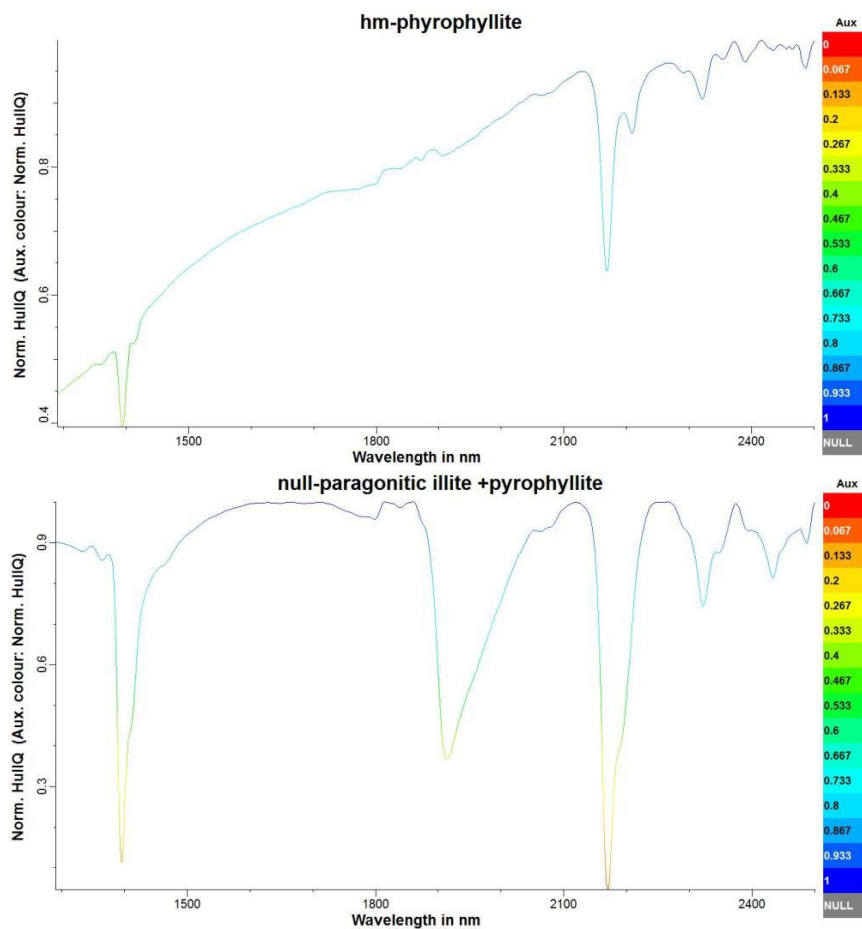
### C. Analisis Teraspektral (ASD)

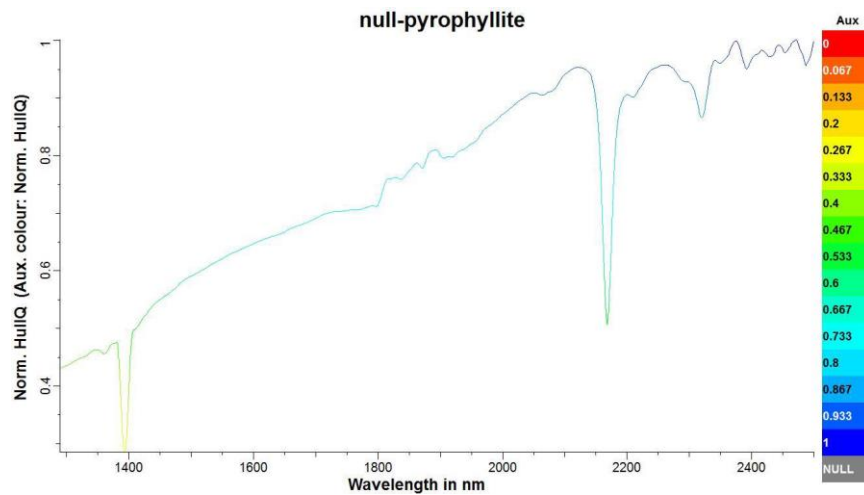
Analisis petrografi memiliki keterbatasan dalam penentuan mineral berukuran mikron seperti lempung. Batuan alterasi memiliki kaitan erat dengan *clay alteration*, maka dengan ini perlu diuji dengan metode lanjutan seperti geokimia lainnya untuk dapat memastikan jenis mineral lempung

tersebut. Analisis ini dilakukan sebagai pengganti analisis XRD, dengan target dan metode identik. Analisis mineralogi dilakukan dengan alat Terrapektral Analysis (ASD) dengan jumlah total sampel adalah 7 sampel permukaan yang diambil pada *tunnel*. Analisis ini mendeteksi mineralogi yang memiliki gugus AlOH, CaO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan Mg atau Mn. Hasil analisis menunjukkan kehadiran dominan kelompok mika putih atau illit-paragonit, dan kehadiran mineral produk hidrotermal larutan asam dan asosiasi suhu tinggi, seperti pyrophyllite (Tabel 2 dan Gambar 4). Mineral sulfida/ terdeteksi sebagai *aspectral* yang berarti tidak memiliki gugus AlOH dan H<sub>2</sub>O.

Tabel 2. Hasil Analisis Teraspektral (ASD) pada *wallrock* dan *ore*

No	Sample ID	Megaskopik	Kategori	Terraspektral	Fe Respons
1	R7033	<i>Kao-ill alt dacite</i>	<i>Wallrock</i>	Pirofilit	1.6
2	R7034	<i>Fault gouge py ser +- bx</i>	<i>Ore</i>	<i>Aspectral</i>	1.2
3	R7035	<i>Kao-ill alt dacite</i>	<i>Wallrock</i>	Pirofilit	1.5
4	R7036	<i>Tet-ore breccia</i>	<i>Ore</i>	<i>Aspectral</i>	0.9
5	R7037	<i>Kao-ill-sm-alt dacite</i>	<i>Wallrock</i>	Pirofilit	1.4
6	R7038	<i>Layered py-cpy-brecc</i>	<i>Ore</i>	<i>Aspectral</i>	0.9
7	R7039	<i>Kao-ill alt dacite</i>	<i>Wallrock</i>	Pirofilit	1.5





Gambar 4. Spektrum hasil analisis Terraspektral pada sampel *wallrock*

### 3.1. Paragenesa Alterasi dan Mineralisasi

Berdasarkan klasifikasi penjarahan temperatur menurut Kingston Morisson, 1965. Daerah penelitian memiliki kisaran temperatur 100°C – 300°C. Hal ini didasarkan pada studi kehadiran mineral alterasi pada kondisi temperatur dan pH tertentu (Tabel 3.2).

Dengan adanya kehadiran mineral alterasi, mineralisasi juga dapat menjadi penentuan suhu dan stadia terbentuknya sistem alterasi dan mineralisasi secara lokal. Daerah penelitian sendiri memiliki 3 stadia keterbentukan, yaitu stadia pertama, stadia kedua dan stadia ketiga (Tabel 3.3).

Tabel 3. Kisaran temperatur daerah penelitian berdasarkan klasifikasi Kingston Morrison, oleh Edwards, 1965.

Mineral	Kisaran Temperatur °C			
	0°	100°	200°	300°
Alterasi (mineral sekunder)				
Kuarsa	—————			
Illit	.....	—————		
Serisit			—————	.....
Smektit		.....	—————	
Kaolin	—————			
Pirofilit		? .....	—————	
Mineralisasi (Sulfida,oksida)				
Tetrahidrit			.....	—————
Pirit	—————			
Kalkopirit			—————	—————
Sfalerit		—————	—————	—————
Enargit				—————
Kovelit		—————	—————	
Tenantit			.....	—————
Pirotit		.....	—————	



Tabel 4. Paragenesa Stadia Keterbentukan Alterasi dan Mineralisasi Daerah Penelitian

Pengamatan	Stadia 1	Stadia 2	Stadia 3
<u>Mineral Ubahan</u>			
Illit	—————		
Serisit	—————		
Smektit		—————	
Kaolin		—————	
<u>Mineralisasi (sulfida, oksida)</u>			
Tetrahidrit	—————		
Tenantit	—————		
Pirit	—————		
Kalkopirit		—————	
Sfalerit	—————		
Enargit	—————		
Kovelit		—————	
Pirotit		—————	
Hematit		—————	
Gutit		—————	
Malasit		—————	
Tipe struktur	Vein Sulfida Masif	Vein AB Vein Pirit, Vein Kuarsa	Vein Hematit, Gutit Vein Malasit + Azurit
Indikasi temperatur	250°C – 330°C	200°C - 250°C	100°C - 200°C
Lain-lain	.....	.....	.....

### Hubungan Tektonik Terhadap Karakteristik Urat Tembaga Daerah Penelitian

Jenis *vein* yang berkembang di lokasi penelitian terdiri dari 6 tipe, pengelompokan jenis *vein* berdasarkan kandungan mineral sulfida yang dinilai memiliki nilai ekonomis dimana setiap urat memiliki pola sebaran dan karakteristik mineralisasi masing-masing (Tabel 5).

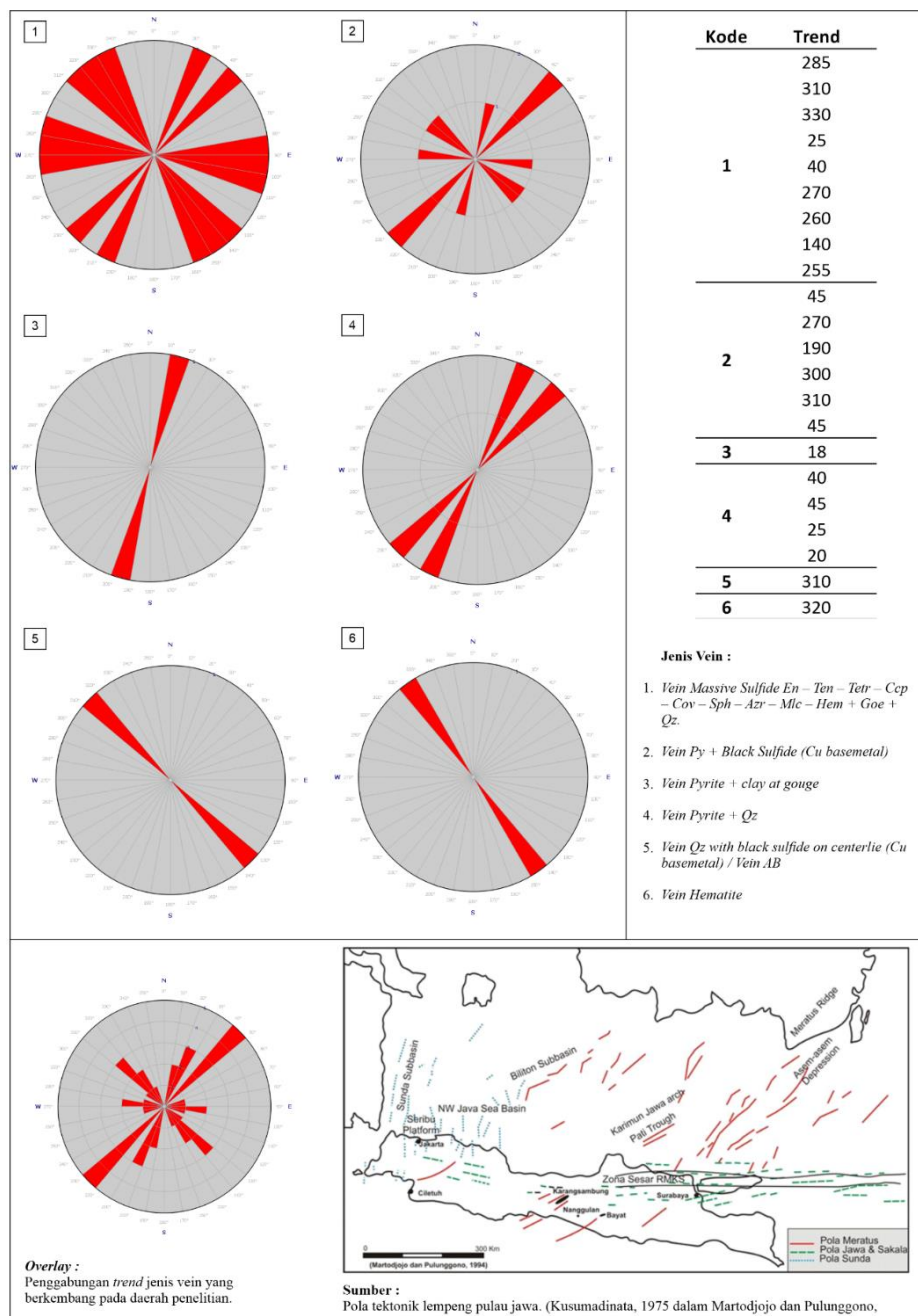
Tabel 5. Sebaran jenis *vein* dan keterdapatannya pada blok setiap segmen daerah penelitian

Kode	Lokasi	Trend	Jenis Vein	Keterangan
1	Segmen 2 ; 3 ; 4 ; 6	N285 ; N310 ; N330 ; N25 : N40 ; N270 ; N260 ; N140 ; N255	<i>Vein Massive Sulfide</i> En – Ten – Tetr – Ccp – Cov – Sph – Azr – Mlc – Hem + Goe + Qz	Ore
2	Segmen 1 ; 2 ; 5 ; 6	N45 ; N270 ; N190 ; N300 ; N310 ; N45	<i>Vein Py + Black Sulfide (Cu basemetal)</i> .	Ore
3	Segmen 1	N18	<i>Vein Pyrite + clay at gouge</i>	post struktur
4	Segmen 1 ; 2 ; 4 ; 6	N40 ; N45 ; N25 ; N20	<i>Vein Pyrite + Qz</i>	cross ore basemetal
5	Segmen 4	N310	<i>Vein Qz with black sulfide on centerlie (Cu basemetal) / Vein AB</i>	cross ore basemetal
6	Segmen 1	N320	<i>Vein Hematite</i>	Oxide

Hasil analisis pola struktur *vein* menghasilkan dua pola arah dominan, yaitu pola timurlaut – baratdaya dan pola baratlaut – tenggara. Pola tersebut terbentuk karena adanya tektonisme yang terjadi pada kala Kapur – Miosen. Kemenerusan *vein* dengan pola berarah relatif timurlaut – baratdaya atau pola utama, merupakan pola yang dibentuk dari tektonisme pola Meratus dan kemenerusan *vein* berarah baratlaut – tenggara diduga merupakan gaya *extensional* yang dibentuk dari pola utama. Jalur subduksi pola Meratus terbentuk pada kala Kapur Atas – Pliosen. Pola subduksi ini membentuk struktur major dan minor yang mengontrol pola sebaran *vein*, jenis *vein* dan dimensi *vein* pada daerah penelitian.

Pada *trend* timurlaut – baratdaya, *vein* yang berkembang cenderung pada suhu yang relatif rendah, yaitu ditandai dengan dominan kehadiran *vein* pirit dan kuarsa. Dimensi *vein* pada arah ini <15cm. Hal ini dikaitkan dengan zona *shear joint* dari struktur minor dengan karakteristik bukaan rekahan cenderung tertutup dan menerus. Sementara pada *trend* baratlaut – tenggara merupakan *vein extensional* dengan karakteristik dimensi *vein* lebih besar. Pada pola ini berkembang vein Cu – *basemetal* dan kehadiran *vein* hematit merupakan fase pengkayaan dari pola ini.

Tektonisme yang terbentuk pada kala Kapur Atas – Pliosen membentuk jalur rekahan dan sesar aktif lainnya. Pada kala Eosen lempeng mulai bergeser dan aktifnya sistem magmatisme pada era oligosen akhir hingga miosen awal. Dengan aktifnya vulkanisme pada kala ini menjadi penyebab perkembangan sistem alterasi hidrotermal dan mineralisasi di daerah penelitian.



Gambar 5. Diagram mawar pola sebaran vein berdasarkan jenis vein disetiap segemen daerah penelitian

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, pengolahan data, dan analisis-analisis yang dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Daerah penelitian memiliki litologi adalah dasit – dasit porfiri dan breksi dasit yang teralterasi kuat.
2. Karakteristik litologi pembawa *basemetal* bersifat dasitik dan fluida bersifat asam mendekati netral pH 3-5 dan indikasi kisaran temperatur 200°C - 300°C.
3. Alterasi yang terbentuk pada *waste / wallrock*, merupakan kelompok argilik – sulfidasi tinggi, dengan mineralogi utama dari data terraspektral adalah pirofilit-illit yang menandakan dominan sistem mika putih pada suhu tinggi. Pada pengamatan petrologi, petrografi dan mikroskopi bijih terlihat mineral primer yang dominan adalah kuarsa, hornblenda, plagioklas yang teralterasi menjadi illit-serisit-kaolinit-pirofilit serta dengan mineral opak berupa pirit sebanyak 1-3%, diikuti kelimpahan sedikit kalkopirit, terahedrit, enargit dan kalkosit sebagai bagian mineralisasi.
4. Jalur prospek yang ditandai dengan kehadiran *vein basemetal* mengikuti arah breksiasi dengan trend WNE – ESE dan shear NW – SE. Arah extensional NE – SW. Sesar geser merupakan jenis struktur yang sangat baik dalam kaitannya terhadap alterasi dan mineralisasi karena bersifat *transpression* atau jenis struktur yang mengerut sampai ke bawah permukaan dan membuat *ore shot* yang bersifat vertikal untuk jalur fluida hidrotermal naik membentuk alterasi dan mineralisasi. Kompleksitas struktur tersebut menambah nilai permeabilitas batuan.

#### 5. SARAN

Telah diketahuinya pola sebaran jenis alterasi dan pola sebaran urat tembaga pada daerah penelitian. Bukaan urat dengan dimensi yang lebar tidak selamanya menerus sesuai arah yang telah dipetakan. Dimensi vein pula dapat berubah berdasarkan elevasi karena jenis struktur berupa *wrench fault*. Untuk meningkatkan produksi maka disarankan membuat metode *stopping* dengan meninjau kajian geotek dan memerhatikan keselamatan tambang. Untuk mengetahui cadangan dan sebaran *ore basemetal* disarankan untuk melakukan pengeboran di areal izin usaha pertambangan, sehingga akan ada *block model resource* tembaga.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan ucapan terimakasih banyak kepada Institut Teknologi Nasional Yogyakarta sebagai institusi penulis berasal. Penulis juga mengucapkan banyak terimakasih kepada Bapak Okki Verdiansyah selaku pembimbing lapangan serta Ibu Amara Nugrahini dan Ibu Herning Dyah Kusuma Wijayanti selaku pembimbing skripsi penulis.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Benhard, P. 2008. *The Ore Minerals Under the Microscope An Optical Guide*. Amsterdam, The Netherlands. Elsevier B.V. ISBN : 978-0-444-52863-6
- Browne, P.R.L. 1991. *Hydrothermal Alteration and Geothermal Systems*. The University of Auckland. Auckland
- Corbett, G.J dan Leach T.M. 1998. *Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems: Structure, Alteration, and Mineralization*. Sydney – New Zealand.
- Enaudi, T.M, 1997. *Mapping Altered And Mineralized Rocks An Introduction To The "Anaconda Method"*. UNI - FIGM

- Pirajno, F., 1992, *Hydrothermal Mineral Deposits, Principles and Fundamental Concepts for the Exploration Geologist*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 709 hal.
- Reyes, A.G., 1998. *Petrology and mineral alteration in hydrothermal systems: From diagenesis to volcanic catastrophes*. United Nations University. New Zealand
- Setiawan, S. I. (2012). Paragenesa Mineral Bijih Sulfida Hidrotermal Di Daerah Kluwih Kabupaten Pacitan Jawa Timur : Pendekatan Berdasarkan Mineralogi Dan Inklusi Fluida Ore Mineral Paragenesis of Hydrothermal Mineralization of Kluwih, Pacitan, East Java: Based on Mineralogy and. *Journal Sumber Daya Geologi Indonesia*, 22(1), 25–33.

## PETA FAKTUAL SEGMENT 2

