

KARAKTERISTIK STRUKTUR GEOLOGI DI DAERAH MINERALISASI LOGAM DASAR: STUDI KASUS DAERAH NGRAYUN DAN SEKITARNYA, PONOROGO, JAWA TIMUR

EW Dyah Hastuti

Jurusan Teknik Pertambangan -Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang-Prabumulih KM 32 Kec. Inderalaya 30662 -OI
E-mail : dyahhastuti@hotmail.com

ABSTRAK

Daerah penelitian terletak pada jalur Pegunungan Selatan Jawa Timur dan secara tektonik termasuk dalam Busur Magmatik Sunda – Banda. Daerah ini dikontrol oleh struktur rekahan dan sesar yang berarah UT – SB, UB – ST dan U – S. Batuan yang menyusun daerah penelitian umumnya didominasi oleh batuan vulkanik dari Formasi Mandalika dan sebagian batuan sedimen dari Formasi Arjosari serta batuan terobosan yang berupa dasit, andesit dan diorit. Secara regional antara Formasi Mandalika dan Formasi Arjosari mempunyai hubungan saling menjari dan terbentuk pada Kala Oligo – Miosen.

Berdasarkan pengamatan lapangan daerah penelitian pada umumnya telah mengalami alterasi hidrotermal dan mineralisasi. Alterasi di daerah penelitian dapat dibagi menjadi empat zona yaitu zona propilitik, sub-propilitik, argilik dan pilik. Mineralisasi pada umumnya dijumpai hampir pada semua zona kecuali zona propilitik. Berdasarkan pengukuran struktur sepanjang kali Plalar daerah penelitian terdapat sesar turun geser kiri dengan mekanisme Timurlaut – Baratdaya yang terjadi pada periode I sedangkan pada periode II mempunyai arah Baratlaut – Tenggara. Kekar terbuka yang terdapat di daerah penelitian mempunyai dua pola yaitu extention joint dan release joint yang diisi oleh urat kuarsa

Kata kunci: Pegunungan Selatan Jawa Timur, Busur Magmatik Sunda – Banda, UT – SB, UB – ST dan U – S, Formasi Arjosari, Formasi Mandalika, kekar, sesar, alterasi, mineralisasi

I. PENDAHULUAN

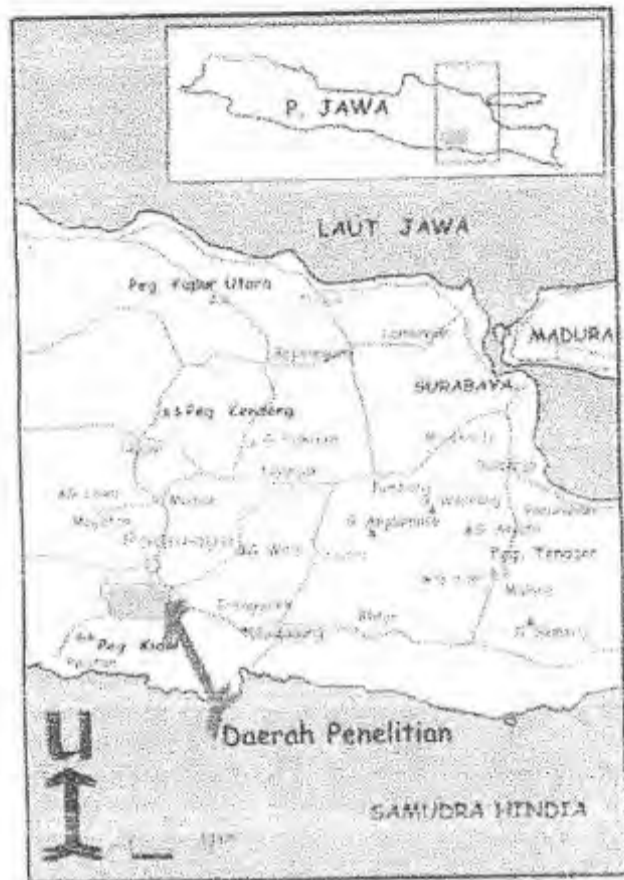
1.1. Latar Belakang

Daerah penelitian terletak di kabupaten Ponorogo, Jawa Timur, kira-kira 20 km dari kota Ponorogo ke arah selatan (Gb. 1). Secara tektonik termasuk dalam busur magmatik Sunda-Banda yang terbentuk selama jaman Tersier sampai Kuartar. Batuan penyusun daerah tersebut adalah batuan beku, baik intrusi maupun ekstrusi. Batuan-batuan yang terbentuk disepanjang busur magmatik Sunda-Banda diketahui sangat favourable untuk tempat kedudukan mineralisasi logam baik logam dasar maupun emas terutama tipe porfiri dan epitermal.

Kondisi geologi di daerah penelitian sangat memungkinkan untuk terbentuknya beberapa bahan galian seperti tembaga dan emas. Di daerah penelitian

mineralisasi yang dijumpai antara lain pirit, spalerit, galena, bornit dan lain-lain, yang merupakan indikasi adanya kandungan emas. Larutan hidrotermal dalam pembentukannya memerlukan suatu ruang yang permeabel baik ruang antar butir pada batuan atau rekahan-rekahan (struktur batuan) yang terbentuk akibat tektonik.

Struktur merupakan salah satu faktor penting dalam mineralisasi yaitu sebagai tempat terbentuknya endapan mineral bijih yang sangat ekonomis. Larutan hidrotermal akan mengisi rekahan-rekahan batuan membentuk suatu sistem struktur tertentu tergantung dari gaya yang menyebabkannya. Gaya utama yang mengakibatkan terjadinya rekahan batuan sangat dipengaruhi oleh interaksi lempeng.



Gambar 1: Peta lokasi daerah penelitian

Di daerah penelitian interaksi lempeng yang mempengaruhi terbentuknya rekahan batuan adalah konvergen dengan tipe subduksi orthogonal, yang berarah timurlaut-baratdaya, baratlaut-tenggara dan barat-timur. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengamatan lapangan dan studio untuk pengolahan data menggunakan software dip.

1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian

1. untuk mempelajari pola struktur hubungannya didaerah mineralisasi hidrotermal.
2. mempelajari kinematik dan mekanisme deformasi kaitannya dengan mineralisasi hidrotermal
3. Penelitian ini sangat bermanfaat yaitu akan mempermudah dalam eksplorasi endapan bijih.
4. Membatasi daerah eksplorasi

1.3. Permasalahan dan Batasan Masalah

Yang menjadi permasalahan disini adalah bagaimana karakteristik rekahan-rekahan batuan yang terjadi di daerah mineralisasi khususnya di daerah Ponorogo dan sekitarnya dan bagaimana mekanisme terjadinya.

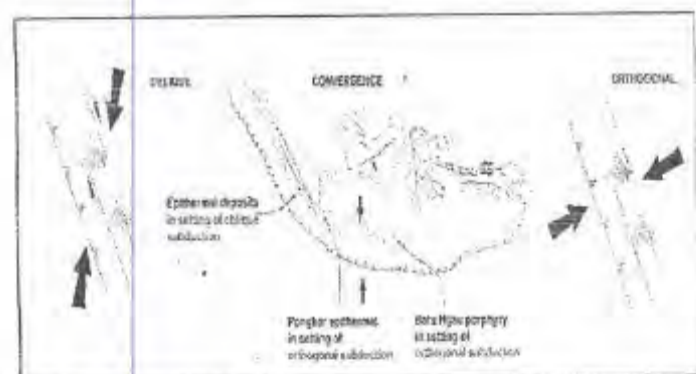
Memurut beberapa ahli geologi (antara lain Soeria-Atmadja dkk., 1994), bahwa jaman Tersier sampai

sekarang di Jawa telah terjadi tiga kali aktivitas magmatisme/vulkanisme yaitu jalur magmatik Oligo-Miosen Awal, jalur magmatik Miosen Akhir – Pliosen dan jalur volkanik Kuartar. Ketiga jalur tersebut menunjukkan bahwa di Jawa telah mengalami tiga periode tektonik sehingga akan menghasilkan pola struktur yang berbeda pada masing-masing jaman dan akan berpengaruh pada pembentukan mineralisasi. Daerah penelitian yang terletak pada ketiga zona tersebut, hanya yang menjadi permasalahan adalah pola struktur yang mana sangat berpengaruh

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tatanan Tektonik

Kerangka tektonik di daerah penelitian tidak dapat dipisahkan dari sejarah tektonik global di Indonesia terutama Indonesia Barat dan khususnya Jawa bagian timur. Kepulauan Indonesia diperkirakan telah berkembang sejak neogen Akhir yang sangat dipengaruhi oleh interaksi dari tiga lempeng litosferik utama, yaitu lempeng Laut Filipina yang bergerak kearah Utara Baratlaut (10 cm/th) lempeng Indo-Australia bergerak ke Utara Timurlaut (8 cm/th), dan lempeng Eurasia relatif tetap atau bergerak lambat (0,4 cm/th) kearah tenggara (Minster & Jordan, 1978). Akibat interaksi ketiga lempeng tersebut menyebabkan terbentuknya busur magmatik yang mempunyai total panjang busur sekitar 7000 km dan sebagian besar mengandung segmen-segmen mineral deposit (Carlile & Mitchel, 1994). Busur magmatik ini merupakan busur terpanjang di Indonesia dan disebut sebagai Busur Sunda – Banda (Gambar 2).



Gambar 2: Kedudukan tektonik daerah penelitian yang terletak pada Busur Magmatik Tersier Sunda – Banda dan hubungannya dengan tipe mineralisasi (Corbett & Leach, 1998).

Daerah jalur defor tekton Awal (Sopri Soeri Mios lempu meru daerah munc dari l meru terub: Batue rock) tahun menu batua Teng: dari a dan komp alkali dkk., menu utara lempe Benu:

Gar

Shin; menu lempe

JURN

Daerah Ponorogo dan sekitarnya yang termasuk dalam jalur Pegunungan Selatan diduga terbentuk akibat deformasi ganda paling sedikit dua kali periode fase tektonik, yaitu terjadi pada Oligosen Akhir – Miosen Awal dan pada Miosen Tengah – Akhir (Sopaheluwaka, 1976 dan Soeria-Atmadja, 1994). Soeria-Atmadja dkk. (1994) batuan vulkanik Oligo-Miosen merupakan produk dari subduksi antara tiga lempeng tersebut diatas, dimana aktivitas magmatik ini merupakan aktivitas paling awal terjadi di Jawa. Di daerah penelitian aktivitas tersebut ditandai dengan munculnya pillow lava yang merupakan bagian bawah dari Formasi Besole. Pillow lava ini pada umumnya merupakan batuan apirik dengan masa dasar telah terubah menjadi klorit – epidot – albit – karbonat. Batuan ini merupakan batuan dasarnya (*Basement rock*) dan berdasarkan dating K-Ar berumur 40 juta tahun. Berdasarkan studi kimia dari aliran lava menunjukkan tipe *Island arc tholleites*. Sedangkan batuan magmatik yang lebih muda terjadi pada Miosen Tengah – Akhir (15,3 juta Tahun). Batuan ini terdiri dari andesit, riolit dan piroklastik yang tidak teralterasi dan memotong Formasi Besole. Berdasarkan komposisi kimia menunjukkan tipe *medium-K calc-alkali* (Peccerillo & Taylor, 1976 dan Soeria-Atmadja dkk., 1994). Dari pola strukturnya (Gb. 3) menunjukkan bahwa gaya utamanya mempunyai arah utara – selatan sesuai dengan arah penunjaman lempeng Samodra Indo-Australia ke bawah lempeng Benua Eurasia.



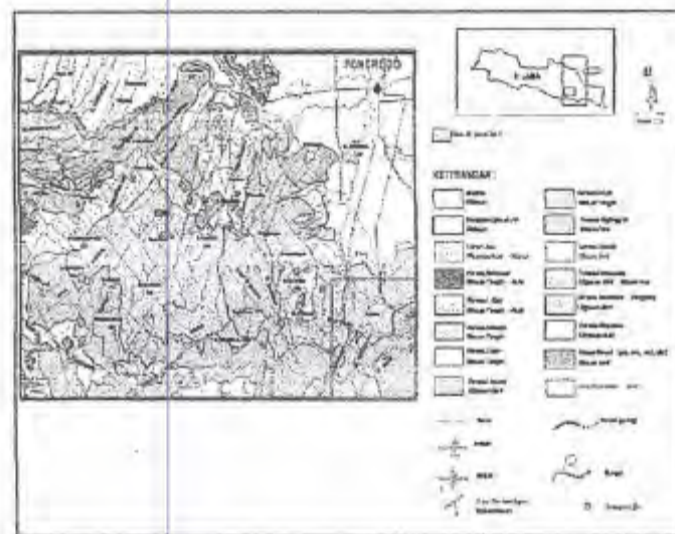
Gambar 3. Pola Struktur di P. Jawa dan sekitarnya (Pulunggono dan Martodjoyo, 1994)

Sehingga evolusi tektonik di Jawa selama Tersier menunjukkan jalur subduksi yang menerus dari lempeng Indo – Australia menyusup ke bawah Jawa

(Hamilton, 1979; Katili 1975;- dan Rangun et al., 1990). Menurut Soeria-Atmadja dkk. (1997) bahwa kecepatan pergerakan lempeng Indo – Australia semakin lambat dari Eosen Miosen Akhir (17 cm/th menjadi 6 cm/th). Dengan semakin lambatnya pergerakan lempeng maka akan mengakibatkan semakin besar sudut penunjaman dari subduksinya (Cross and Pilger, 1982, dalam Sukendar Asikin). Hal ini juga akan mengakibatkan jalur vulkanik bermigrasi ke arah *trench* (Hodder, 1987), selain itu juga mengakibatkan terjadinya pembukaan pada *basement rock*-nya.

2.2. Tatanan Geologi Regional

Daerah penelitian terletak pada jalur Pegunungan Selatan, Jawa Timur, dan termasuk dalam Formasi Andesit Tua (Van Bemmelen, 1949). Daerah ini didominasi oleh batuan beku baik intrusi maupun ekstrusi yang bersifat asam sampai basa. Secara regional daerah penelitian telah dipetakan oleh Samodra dkk. (1992) dan Sampurna dan Samodra (1997) yang menghasilkan peta geologi regional lembar Ponorogo dan Pacitan dengan skala 1:100.000 (Gb. 4).



Gambar 4. Peta geologi regional daerah penelitian (Samodra dkk 1992 & 1997)

Berdasarkan peta geologi regional tersebut daerah penelitian disusun oleh batuan-batuan (dari tua ke muda) terdiri dari: Formasi Watupatok, Formasi Dayakan, Formasi Mandalika atau Panggang. Ketiga formasi tersebut berumur Oligosen Akhir – Miosen Awal dan berhubungan saling menjeri. Sedangkan Formasi Arjosari yang terbentuk pada Oligosen Akhir – Miosen Awal berhubungan saling menjeri dengan

Formasi Mandalika. Setelah itu diendapkan Formasi Semilir dan Formasi Nglanggran, yang berumur Miosen Awal. Kemudian semua satuan batuan tersebut diatas diterobos oleh dasit, andesit, diorit dan basal yang berbentuk "stock" dan retas yang diduga berumur Miosen Tengah dan mengakibatkan terjadinya alterasi pada batuan-batuan tersebut. Tetapi batuan intrusi ini sendiri pada umumnya juga mengalami alterasi hidrotermal. Kemudian diatasnya diendapkan satuan batuan klastika Formasi Jatén, Satuan Batuan Gunungapi Formasi Wuni dan Nampol, Satuan Batuan Karbonat Formasi Oyo dan batugamping terumbu Formasi Wonosari. Setelah itu daerah penelitian mengalami aktivitas vulkanisme yang menghasilkan batuan gunungapi Kuartér Komplek Lawu dan terakhir diendapkan secara tidak selaras satuan batuan alluvium.

Sistem struktur regional di daerah penelitian mengikuti pola struktur regional umumnya di Jawa yaitu berarah U-S, B-T, UB-ST dan UT-SB. Sedangkan di daerah penelitian dijumpai dua arah sesar utama yaitu UB-ST dan UT-SB (Samodra dkk., 1992; Sampurna dan Samodra, 1997; dan Sudiarto dan Prapto, 1995) yang berupa "strike-slip fault".

2.3. Alterasi Hidrotermal dan Mineralisasi

Daerah dimana telah terjadi aktifitas hidrotermal, pada umumnya meninggalkan jejak membentuk mineral-mineral ubahan, yang mungkin disertai atau tidak disertai oleh mineralisasi bijih (Park dan MacDiarmid, 1970). Hubungan antara zona ubahan dan mineralisasi bijih dapat terlihat jelas, samar-samar atau kadang-kadang tidak nampak sama sekali (Park dan MacDiarmid, 1970). Secara umum alterasi hidrotermal merefleksikan respon mineral batuan asal berkaitan dengan kondisi termal dan/atau kondisi kimiawi yang berbeda ketika mineral tersebut terbentuk. Reaksi hidrotermal pada fase tertentu akan menghasilkan kumpulan mineral tertentu tergantung dari temperatur dan pH fluidanya. Kumpulan mineral tersebut disebut sebagai himpunan mineral dimana himpunan ini akan menunjukkan komposisi pH larutan (Heantley et al., 1984) dan temperatur fluida (Reyes, 1999). Berdasarkan hubungan temperatur dan pH larutan Corbett & Leach (1998) telah membuat zona alterasi yang ditunjukkan oleh himpunan mineral tertentu dan tipe mineralisasinya.

Pada umumnya epigenetic endapan bijih merupakan hasil dari larutan hidrotermal yang dialirkan melalui zona permeabilitas dengan komponen bijih yang bervariasi (seperti Au, Ag, Pb, Zn, Sn, Cu, dan Mo) yang pada kondisi tertentu akan terendapkan dan membentuk endapan bijih yang disebut mineralisasi. Menurut Guilbert & Park (1986), pembentukan endapan bijih sangat beragam tergantung dari karakteristik fluida, sifat kimia dan fisik dari batuan dinding serta cara pengendapannya. Hal ini ditunjukkan oleh tekstur yang terbentuk pada endapan bijih tersebut. Kenampakan tekstur tersebut dapat membantu kronologi himpunan mineral yang diendapkan (paragenesa), lingkungan pembentukan (tipe mineralisasi) dan cara pengendapannya (epigenetik).

Menurut beberapa peneliti dalam menentukan model dari endapan emas maupun endapan bijih logamnya diperlukan tiga informasi lingkungan geologi yaitu (a) *heat source*, (b) *hosted rock* dan (c) *channel way* (Gb.5). *Heat source* pada umumnya berupa aktivitas magmatisme, *hosted rock* dapat berupa batuan sedimen, beku maupun metamorf, *channel way* sangat berhubungan erat dengan permeabilitas batuan dimana dapat dilalui oleh larutan hidrotermal. Sehingga *channel way* ini dapat berupa permeabilitas antar pori yang disebut sebagai permeabilitas primer dan permeabilitas sekunder dapat berupa rekahan batuan. Menurut Corbett dan Leach, (1998), tipe mineralisasi terdiri dari porfiri dan epitermal yang masing masing dapat dibagi lagi menjadi dua yaitu sulfidasi rendah dan sulfidasi tinggi. White dan Hedenquist (1990, 1995) serta Evans (1993) telah merangkup karakteristik mineralisasi tipe epitermal



Gambar 5: Model lokasi dan proses mineralisasi Au-Cu (Corbett dan Leach, 1996) 1996

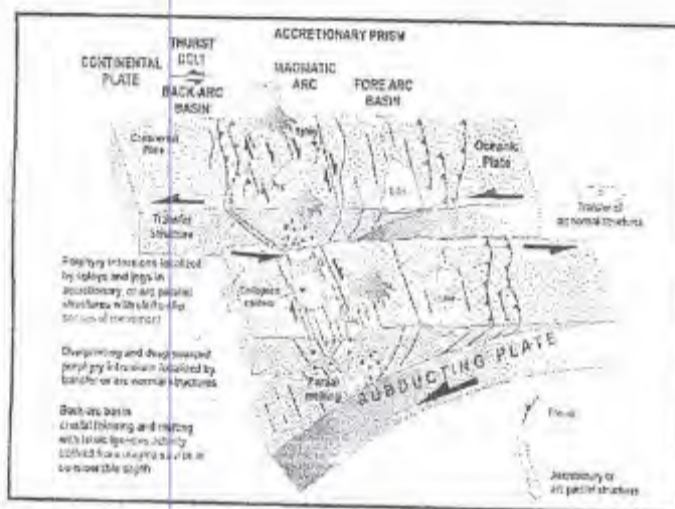
Menurut Purwanto (1996) dan Sudiarto dan Prapto (1995) alterasi di daerah sekitar penelitian dijumpai hampir di semua satuan batuan terutama pada batuan yang berumur Oligo-Miosen. Berdasarkan prosesnya dapat dikelompokkan menjadi propilitisasi (kloritisasi dan epidotisasi), silisifikasi dan kaolinisasi. Mineral alterasi yang terbentuk antara lain : kalsit, garnet dan kuarsa, mineral-mineral mika, talc, piroksen dan mineral lempung. Batuan yang mengalami alterasi secara kuat pada umumnya dijumpai pada daerah-daerah zona sesar dan sekitar intrusi. Alterasi ini pada umumnya membentuk lingkaran-lingkaran alterasi tertentu (alteration haloes) yang dikontrol oleh rekahan-rekahan yang terjadi pada batuan (Fracture/fissure) akibat pensesaran sekitarnya.

2.4. Hubungan Tektonik, Struktur Geologi, dan Mineralisasi

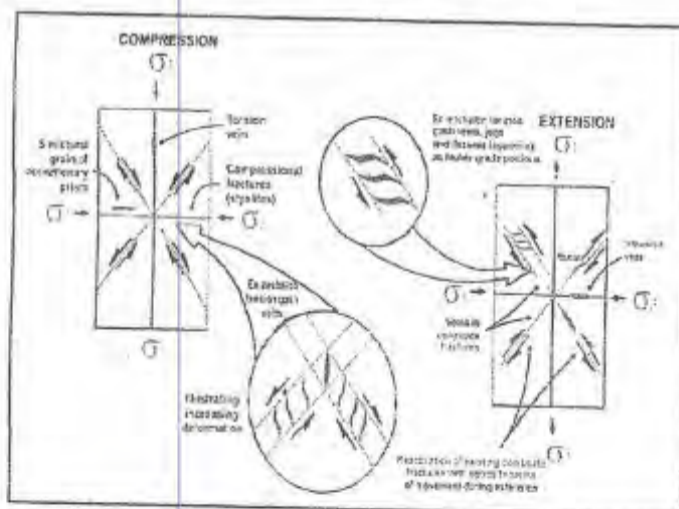
Akibat terjadinya tumbukan lempeng yang berarah utara - selatan menyebabkan terjadinya rekahan-rekahan dengan arah penyebaran dan pola tertentu hubungannya dengan pembentukan mineralisasi (Corbett & Leach, 1998, Gb.6). Secara regional pembentukan struktur Tersier di Pulau Jawa dapat dibagi dalam tiga periode, yaitu zaman Paleogen merupakan *extensional rifting*, zaman Neogen merupakan *compressional wrenching* dan zaman Plio-Pleistosen merupakan *compressional thrust-folding* (Joko Purnomo dan Purwoko, 1989, Gb. 3).

Berdasarkan hal tersebut diatas maka pada daerah penelitian pola tegasan baru dimulai pada Miosen Awal, dimana terjadi *rifting* dan terendapkan sedimen tebal dari Formasi Arjosari dan Formasi Mandalika. Kemudian terjadi regresi pada Miosen Awal yaitu terendapkannya Formasi Jaten dilingkungan darat dengan terbentuknya sesar-sesar geser dan pembentukan struktur lipatan dengan arah barat - timur. Selanjutnya secara lokal terjadi penurunan, dimana ditandai dengan terendapkannya Formasi Wuni pada lingkungan laut dangkal dan terjadi regresi lagi, dengan terendapkannya Formasi Nampol pada lingkungan laut dangkal-peralihan, disini terjadi *compressional* pada kala Miosen Akhir, dengan terbentuknya sesar-sesar geser. Pada kala Plio-Pleistosen terjadi tegasan yang menyebabkan terbentuknya sesar barat - timur serta pembelokan struktur lipatan dibagian barat Jawa Timur ke arah baratlaut - tenggara, dimana secara regional di Jawa terjadi *Compressional thrust-folding*.

Struktur yang terbentuk akibat subduksi dapat diklasifikasikan sebagai : a) *accretionary* yaitu struktur yang terbentuk sejajar dengan batas lempeng subduksi; b) *transfer structure* yaitu struktur yang terdapat disepanjang *strike* atau *dip* dari batas pengaruh sesar; c) *conjugate transfer* yaitu struktur yang memotong prisma akresi dimana struktur ini merupakan tempat terbentuknya intrusi porfiri; *transform fault* (Gb.6; Corbett & Leach, 1998). Struktur-struktur tersebut pada umumnya dapat membentuk suatu sistem *dilation* (bukaan) yang merupakan salah satu faktor penting terjadinya proses mineralisasi dan alterasi (Gb. 7). Ukuran bukaan dipengaruhi oleh oleh kompetensi dari *host rock* dan sudut putaran dari sesar utamanya (Corbett & Leach, 1998)



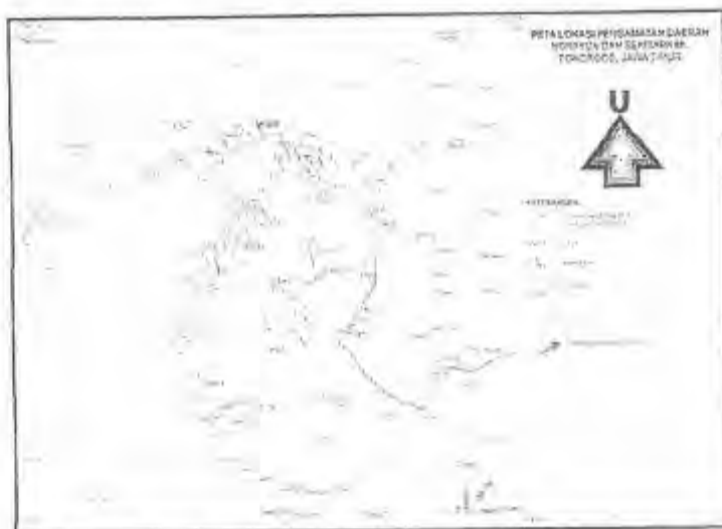
Gambar 6: Tipe struktur yang berkembang pada sistem subduksi (Corbett & Leach, 1998)



Gambar 7. : Rekahan dilatasi pada tatanan konvergen orthogonal (Corbett and Leach, 1998)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

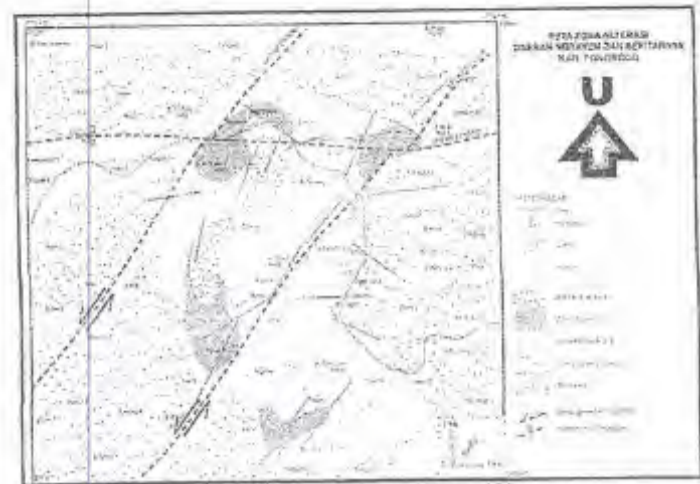
Lintasaan geologi dimulai dari persimpangan aliran Kali Plalar dengan kali Gamping ke arah hilir dari Kali Plalar, Gunung Pucuk (Gb.8). Pemetaan lokasi pengamatan dan pengukuran unsur struktur geologi dilakukan dengan cara langkah dan kompas. Secara umum gejala mineralisasi tersingkap berupa zona ubahan sub propilitik, propilitik, filik dan argilik, jaringan urat (stockwork), dan kekar termineralisasi pada batuan andesit, dasit dan breksi volcanik dari Formasi Mandalika (Foto 1). Sedangkan gejala sesar tersingkap berupa kekar, kelurusan bentang alam, fault gouge, breksi sesar dan bidang sesar



Gambar 8 : Peta lintasan pengukuran struktur dan pengambilan contoh batuan

3.1. Alterasi dan Mineralisasi

Aspek mineralisasi yang tersingkap pada lintasan berupa perubahan warna batuan, urat kuarsa, jaringan kalsit, intrusi-intrusi kecil dari batuan andesit, dan breksi hidrotermal. Warna batuan bervariasi dari warna abu-abu hitam untuk batuan yang tidak berubah, abu-abu kehijauan untuk batuan yang berubah propilitik, putih-kuning untuk batuan yang berubah argilik dan abu-abu kecoklatan untuk batuan berubah pilik. Berdasarkan warna batuan dan kumpulan mineral ubahannya maka daerah penelitian dapat di bagi menjadi empat zona alterasi, yaitu zona propilitik, zona sub propilitik, zona argilik dan zona pilik (Gb. 9).



Gambar 9.: Peta zona alterasi di daerah Ngrayun



Gambar 9. Breksi volcanik sisipan tufa memperlihatkan kekar gerus dan zona argilik

Warna kehijauan pada batuan berubah propilitik disebabkan oleh melimpahnya mineral klorit sebagai mineral ubahan. Jarang ditemukan batuan yang terpotong oleh urat kalsit, walaupun ada urat tersebut tidak membentuk struktur jaringan urat sebagaimana tersingkap pada zona ubahan sub propilitik.

Batuan berubah sub propilitik mempunyai warna juga kehijauan sebagai refleksi tingginya kandungan klorit (Foto 2) sehingga dilapangan mempunyai ciri-ciri relatif sama dengan zona propilitik. Hanya pada zona sub propilitik di jumpai adanya urat-urat karbonat yang saling berpotongan tidak beraturan dan adanya mineral sulfida (terutama pirit) pada batuan. Pada zona ubahan sub propilitik dijumpai butiran halus pirit, kalkopirit, dan galena. Kenampakan lainnya, batuan berubah subpropilitik pada umumnya memperlihatkan struktur jaringan urat yang tersusun oleh karbonat dengan tebal bervariasi dari 0,5 – 6 cm (lokasi NG-203). Pada zona ini terdapat beberapa intrusi andesit yang mengandung mineral sulfida (pirit) berwarna

coklat, dalam hal ini urat kalsit terbentuk kemudian dengan membuka urat sulfida yang terbentuk lebih dahulu (proses crack and seal).



Foto 2.: breksi vulkanik yang diintrusi oleh andesit yang memperlihatkan kekar terbuka, termasuk dalam zona sub propilitik

Zona Ubahan Argilik berwarna putih kekuningan sampai kecoklatan pada batuan berubah argilik disebabkan oleh melimpahnya mineral lempung (kaolin) sebagai mineral ubahan. Pada zona ini ditemukan urat kuarsa dengan lebar berkisar 15 cm sampai 30 cm dengan kedudukan berturut-turut $N138^{\circ}E/68^{\circ}$ dan $N320^{\circ}E/80^{\circ}$, dijumpai pada lokasi NG-214 (Foto 3) dan NG-301.



Foto 3. : Urat kuarsa yang terdapat pada breksi yang berubah menjadi argilik

Zona Ubahan Pilik, pada umumnya berwarna abu-abu kecoklatan disebabkan oleh melimpahnya mineral lempung terutama serisit. Pada zona ini terdapat intrusi andesit yang mengandung urat-urat silika yang salaing berpotongan dengan lebar berkisar antara 0,5 – 2 cm.

3.2. Karakteristik Struktur

Kekar gerus yang tersingkap merupakan kekar berpasangan dengan dimensi panjang lebih besar dari 3 m, lurus, di beberapa lokasi pengamatan mempunyai kerapatan relatif tinggi dibandingkan dengan singkapan di lokasi lainnya. Sering dijumpai pada permukaan kekar gerus terdapat lapisan tipis (+ 0,5 mm) karbonat, diperkirakan proses pelapisan terjadi bersamaan dengan pembentukan urat kalsit. Sebagian kekar gerus terisi oleh silika sehingga berbentuk seperti lensa pada beberapa tempat perpotongan. Kekar gerus yang tersingkap disepanjang lintasan mempunyai kemiringan antara $40 - 80^{\circ}C$.

Kekar terbuka tersingkap hanya pada beberapa lokasi pengamatan, bentuk tak beraturan, paling panjang 1 m dengan lebar bervariasi antara 0,5 – 3 cm, terisi oleh karbonat dan silika. Walaupun demikian, dijumpai pula urat karbonat dan silika dengan panjang lebih dari 1 m, lurus dan ketebalan relatif tetap sepanjang jurus yaitu 0,5 – 2 cm.

Urat kuarsa tersingkap pada NG-214 merupakan kekar terbuka yang terisi kuarsa berkedudukan $U 178^{\circ} T$ dengan kemiringan umumnya hampir tegak dalam suatu zona silisifikasi. Urat memberikan kenampakan tidak menerus dan terbreksikan, warna putih kecoklatan, sangat kaya dengan bijih sulfida (butiran halus pirit, kalkopirit dan galena); diperkirakan terbentuk dalam suasana boiling.

Fault Gouge tersingkap berupa bubur batuan berwarna abu-abu kehitaman merupakan hasil penggerusan batuan andesit pada zona sesar, bidang-bidang butir batuan memperlihatkan kilap cermin sesar. Pada lokasi pengamatan NG-238 batuan ini membentuk suatu zona dengan lebar 3 m dengan zona batuan terbreksikan (breksi sesar) di kedua sisinya. Zona ini mempunyai kedudukan $N30^{\circ}E/25^{\circ}E$

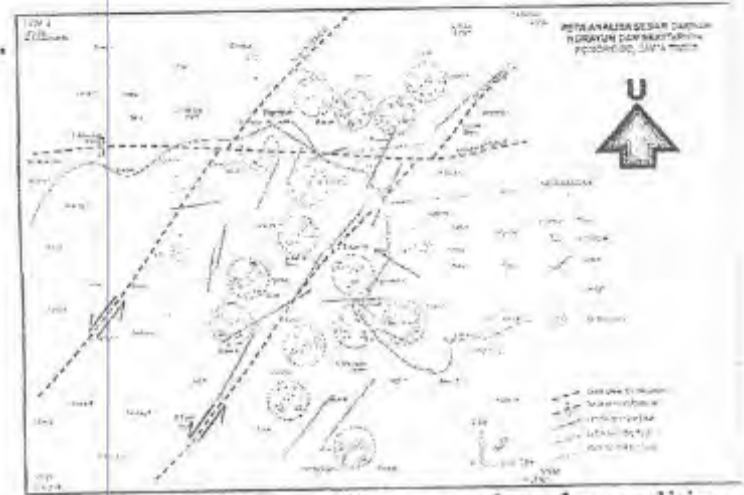
Breksi sesar berwarna abu-abu sampai putih, tersusun oleh fragmen dan masadasar andesit fragmen-fragmennya memperlihatkan pengarahannya, seringkali memperlihatkan struktur boudinage. Pada beberapa

lokasi pengamatan arah breksiasi sering memperlihatkan kesejajaran dengan pola aliran sungai. Permukaan bidang belah sering memperlihatkan *coating* oleh lapisan sangat tipis karbonat yang kadang-kadang memperlihatkan kilap goras-garis (cermin sesar) dan mengandung butiran sangat halus pirit.

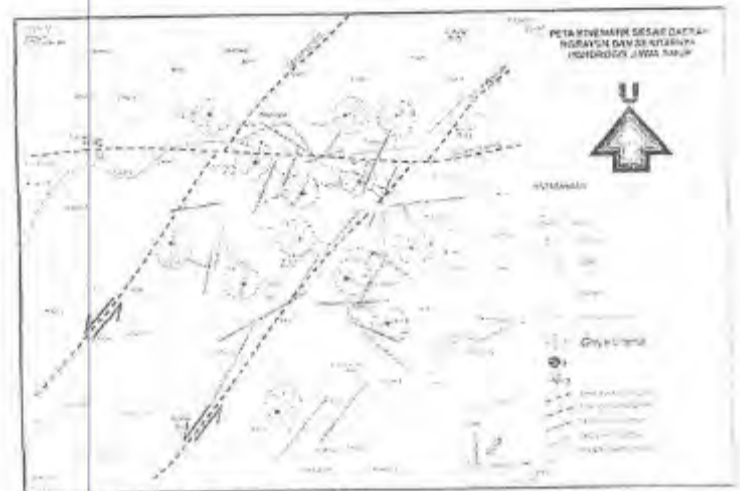
Bidang sesar tersingkap di beberapa lokasi pengamatan, memperlihatkan goras-garis (cermin sesar) pada permukaannya yang tertutup lapisan tipis karbonat. Sebagaimana breksi sesar, bidang sesar sering memperlihatkan kesejajaran dengan pola aliran sungai pada lokasi bidang tersebut tersingkap.

3.3. Analisa dan pengolahan data

Data hasil pengukuran unsur struktur pada suatu lokasi di lapangan, diolah dengan metoda stereografis (Gb. 10 dan 11) untuk memperkirakan jenis sesar di lokasi tersebut, dalam hal ini penamaan sesar dilakukan berdasarkan arah pergerakan relatif antara blok satu terhadap blok lainnya. Pada beberapa lokasi tanpa data arah sesar (sebagai contoh breksi sesar), maka kelurusan sungai diasumsikan sebagai data arah sesar, mengingat singkapan breksi dan bidang sesar pada umumnya memperlihatkan kesejajaran dengan pola aliran sungai. Dari analisa shear fracture pada lokasi NG-214 - 228 menunjukkan bahwa kedudukan sesar adalah $N218^{\circ}E/75^{\circ}$; pada lokasi NG-229 - 233 memperlihatkan kedudukan sesar $N44^{\circ}E/68^{\circ}$ dan $N128^{\circ}E/60^{\circ}$; dan pada lokasi NG-234 - 252 menunjukkan kedudukan sesar adalah $N155^{\circ}E/75^{\circ}$. Hal ini menunjukkan bahwa ada dua periode pembentukan sesar yaitu sesar periode I berarah NE - SW dan periode II mempunyai arah umum NW - SE. Gash fracture mempunyai kedudukan $N174^{\circ}E/80^{\circ}$; $N190^{\circ}E/80^{\circ}$; dan $N187^{\circ}E/80^{\circ}$ dan $N23^{\circ}E/69^{\circ}$ berturut-turut.



Gambar 10: Peta analisa sesar daerah penelitian



Gambar 11: Peta kinematik sesar daerah penelitian

3.4. Pembahasan

Terdapatnya beberapa arah umum sesar dapat disebabkan oleh beberapa hal, salah satu diantaranya adalah pengasumsian kelurusan sungai sebagai arah sesar tidak selalu mencerminkan arah sesar yang sebenarnya bekerja di lokasi pengamatan tersebut.

Dari hasil analisa kekar gerus (Shear fracture) dan kekar terbuka (Gash fracture) menunjukkan bahwa tegasan utama adalah N - S sampai NNW - SSE. Tegasan ini mengakibatkan terbentuknya sesar periode I yaitu sesar 1-1 dan sesar 1-2 yang mempunyai arah umum NE - SW. Sesar yang terbentuk pada periode II ini sangat berpengaruh dalam pembentukan urat kuarsa dan intrusi andesit yang merupakan zona silika (kekar terbuka) dan juga dalam pembentukan mineralisasi. Kemudian terbentuk sesar periode II mempunyai arah umum NW - SE.

Dari analisa kekar terbuka menunjukkan ada dua pola yaitu yang terisi mineralisasi adalah yang berarah N -

S sampai NNW – SSE merupakan kekar *extension joint* terjadi sejajar dengan arah tegasan utama merupakan bagian dari suatu sesar geser kiri yang besar akibat oleh terbentuknya dilatational jog pada segmen tersebut. Sedangkan kekar terbuka yang terbentuk tegak lurus dengan gaya utama merupakan *release joint*, kekar terakhir ini tidak berhubungan dengan mineralisasi (tidak terisi mineralisasi).

Proses mineralisasi tersebut menerus ke batuan samping (Formasi Mandalika) dengan pembentukan zona alterasi yang dikontrol oleh permeabilitas batuan. Dalam hal ini permeabilitas batuan meningkat dengan pembentukan kekar-kekar sehingga lebih mudah melakukan fluida hidrotermal dan akhirnya batuan tersebut mengalami alterasi lebih intensif (alterasi argilik) dibandingkan dengan batuan yang relatif lebih sedikit mengalami pengkekar (alterasi propilitik). Di lapangan fenomena ini dapat dilihat dengan tersingkapnya zona argilik, pilik dan sub propilitik pada batuan dengan struktur jaringan urat.

Berdasarkan kenampakan secara fisik urat kuarsa NG-214 yang tidak menerus dan terbreksikan, serta ditemukannya urat-urat kuarsa berukuran lebih kecil dilintasan Kali Plalar, diperkirakan pembentukan urat kuarsa merupakan proses mineralisasi paling awal yang menyertai pembentukan struktur geologi (sesar) di daerah Ngrayun. Proses pensesaran berikutnya memotong dan menghancurkan urat kuarsa disertai dengan pembentukan jaring urat karbonat dan kemungkinan dengan perlapisan permukaan kekar kolom pada batuan andesit. Intensitas pengkekar yang berbeda menyebabkan perbedaan permeabilitas batuan yang akhirnya menghasilkan zona alterasi yang berbeda pula.

Arah struktur di daerah penelitian dapat dilihat pada gambar 12



Gambar 12: Peta arah sesar daerah penelitian

IV. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan tersebut diatas maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Terdapat dua periode pembentukan sesar yaitu sesar periode I berarah NE – SW yang berpengaruh dengan pembentukan mineralisasi dan sesar periode II yang berarah NW – SE yang terbentuk setelah sesar I dan berperan dalam mengaktifkan rekahan-rekahan dilatational pada sesar periode I yang ditunjukkan oleh adanya overprint pada batuan alterasi.
2. Terdapat dua pola kekar terbuka yaitu kekar yang terbentuk sejajar dengan pola tegasan utama disebut *extension joint* dan kekar yang terbentuk tegak lurus dengan tegasan utama disebut *release joint*. Pada umumnya yang berperan dalam proses mineralisasi di daerah Ngrayun adalah *extension joint*. Proses mineralisasi di daerah penelitian berpusat di Kali Plalar dan Kali Sambi dengan dijumpainya urat kuarsa yang arah N – S (lokasi NG-214 dan NG-301) dengan kemiringan hampir tegak, yang terbentuk oleh dilatational jog pada segmen sesar geser kiri di lokasi tersebut.
3. Pembentukan zona alterasi propilitik, sub propilitik, argilik dan pilik dikontrol oleh karakteristik batuan induk berupa permeabilitas batuan yang dipengaruhi oleh intensitas pengkekar pada batuan tersebut.
4. Terdapat hubungan yang sangat erat antara pembentukan struktur geologi dan proses mineralisasi, dalam hal ini proses mineralisasi dikontrol oleh pembentukan struktur geologi daerah penelitian. Gejala mineralisasi daerah penelitian dicirikan oleh zona ubahan argilik dan sub propilitik dan zona pilik, jaringan urat, dan kekar-kekar termineralisasi pada satuan intrusi andesit Formasi Mandalika. Sedangkan gejala sesar tersingkap berupa kekar, kelurusan bentang alam, fault gouge, breksiasi dan bidang sesar.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Anonim. 1995. *Important Hydrothermal Minerals and Their Significance*. Sixth Edition, Kingston Morrison Limited, 65 p.
- [2.] Corbett, G.J. and Leach, T.M. 1998. *Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems : Structure, Alteration and Mineralisation*. Society of Economic Geologists, USA, Special Publication No. 6, 237 p.
- [3.] Dyah Hastuti, E.W. 2001. *Studi Mineral Alterasi untuk Menentukan Tipe Mineralisasi di Daerah Tegalombo, Kab. Pacitan, Jawa Timur*. Laporan penelitian Dana DIKS 2000/2001 (tidak dipublikasikan)
- [4.] Guilbert, J.M. and Park, C.F., JR. 1986. *The Geology of Ore Deposits*. W.H. Freeman and Company, New York, p. 55-209.
- [5.] Hedenquist, J.W. 1998. *Hydrothermal System in Volcanic Arcs : Origin of and Exploration for Epithermal Gold Deposits*. Lecture Notes, Bandung, Indonesia, 141 p. (Unpublished).
- [6.] Hedenquist, J.W.; Izawa, E.; Arribas, A.; and White, N.C. 1996. *Epithermal Gold Deposits : Style, Characteristics, and Exploration*. Society of Resource Geology, Resource Geology Special Publication No. 1, 16 p.
- [7.] Lawless, J.V. 1993. *Epigenetic Magmatic-Related Mineral Deposits : Exploration Based on Mineralisation Models*. Notes to accompany, Lecture Courses, Kingston Morrison Limited, 75 p.
- [8.] Samodra, H. Gafoer, S. dan Tjokrosaputro, S. 1992. *Peta Geologi Lembar Pacitan, Jawa Timur*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- [9.] Sampurna dan Samodra, H. 1997. *Peta Geologi Lembar Ponorogo, Jawa Timur*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- [10.] Sudarto, T. dan Prapto, AS. 1995. *Penyelidikan Logam Dasar dan Logam Mulia di Daerah Nawangan, Kabupaten Pacitan dan Daerah Ngrayun, Kabupaten Ponorogo, Jawa Timur*. Laporan Proyek Eksplorasi Bahan Galian, Dir. Sumberdaya Mineral, Bandung, 98 p. (tidak dipublikasikan).
- [11.] Van Bemmelen, RW. 1949. *The Geology of Indonesia*. Govt. Printed Office, the Hague, V. I p. 545-675. & V. II p. 92-174.