

**HUBUNGAN ANTARA PALEOSUBDUKSI
TERHADAP PROSES MINERALISASI DI DAERAH
PONOROGO DAN SEKITARNYA,
JAWA TIMUR**

Oleh:
Endang Wiwik DH.
Jurusan Teknik Pertambangan, UNSRI

ABSTRAK

Tektonik yang terdapat di daerah penelitian merupakan bagian dari Pulau Jawa khususnya Jawa bagian timur. Tektonik Jawa sangat dipengaruhi oleh interaksi antara Lempeng India-Australia yang bergerak ke utara dengan Lempeng Asia Tenggara (micro Sunda Plate). Interaksi kedua lempeng tersebut menyebabkan terjadi pembentukan struktur di daerah penelitian antara lain lipatan, sesar geser dan sesar normal yang berarah baratlaut-tenggara, timurlaut-baratdaya, utara-selatan dan timur-barat. Selain juga mengakibatkan adanya aktivitas magmatik yang menghasilkan batuan beku baik ekstrusi maupun intrusi.

Daerah penelitian pada umumnya disusun oleh batuan vulkanik dan sedikit batuan sedimen, yang terbentuk pada jaman Tersier sampai sekarang. Batuan yang terbentuk pada jaman Oligosen Akhir – Miosen Awal pada umumnya telah mengalami alterasi dan juga dijumpai urat-urat kuarsa yang termineralisasi. Alterasi di daerah penelitian terjadi karena proses argilitisasi, kloritisasi (propilitisasi) dan silisifikasi dengan daerah alterasi sangat kuat dijumpai disekitar intrusi dan zona sesar. Mineralisasi yang terdapat di daerah penelitian antara lain pirit, kalkopirit dan spalerit yang dijumpai pada urat-urat kuarsa dengan arah umum baratlaut-tenggara dan timurlaut-baratdaya.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, akhirnya kami dapat menyelesaikan karya ilmiah yang berjudul Hubungan Antara Paleosubduksi Terhadap Proses Mineralisasi di Daerah Ponorogo dan Sekitarnya, Jawa timur.

Makalah ini memuat tentang mineralisasi yang dikaitkan dengan terjadinya interaksi subduksi konvergen di Pegunungan Selatan Jawa Timur, studi kasus daerah Ponorogo dan sekitarnya Jawa Timur. Selain itu dalam karya ilmiah ini juga dijelaskan tentang mineral alterasi sebagai indikasi adanya mineralisasi. Kami berharap dengan segala kekurangan yang ada pada karya ilmiah ini, dapat bermanfaat bagi semua pihak yang berkepentingan.

Terakhir, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penulisan karya ilmiah ini.

Indralaya, Februari 2009

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK -----	ii
KATA PENGANTAR -----	iii
DAFTAR ISI -----	iv
DAFTAR GAMBAR -----	v
DAFTAR TABEL -----	vi
I. PENDAHULUAN -----	1
II. GEOLOGI -----	3
2.1. Stratigrafi -----	3
2.2. Struktur Geologi -----	6
III. TEKTONIK SETTING -----	8
IV. ALTERASI DAN MINERALISASI -----	11
4.1. Alterasi -----	11
4.2. Mineralisasi -----	12
V. HUBUNGAN TEKTONIK DENGAN PROSES MINERALISASI -----	12
VI. KESIMPULAN -----	15
DAFTAR PUSTAKA -----	15

DAFTAR GAMBAR

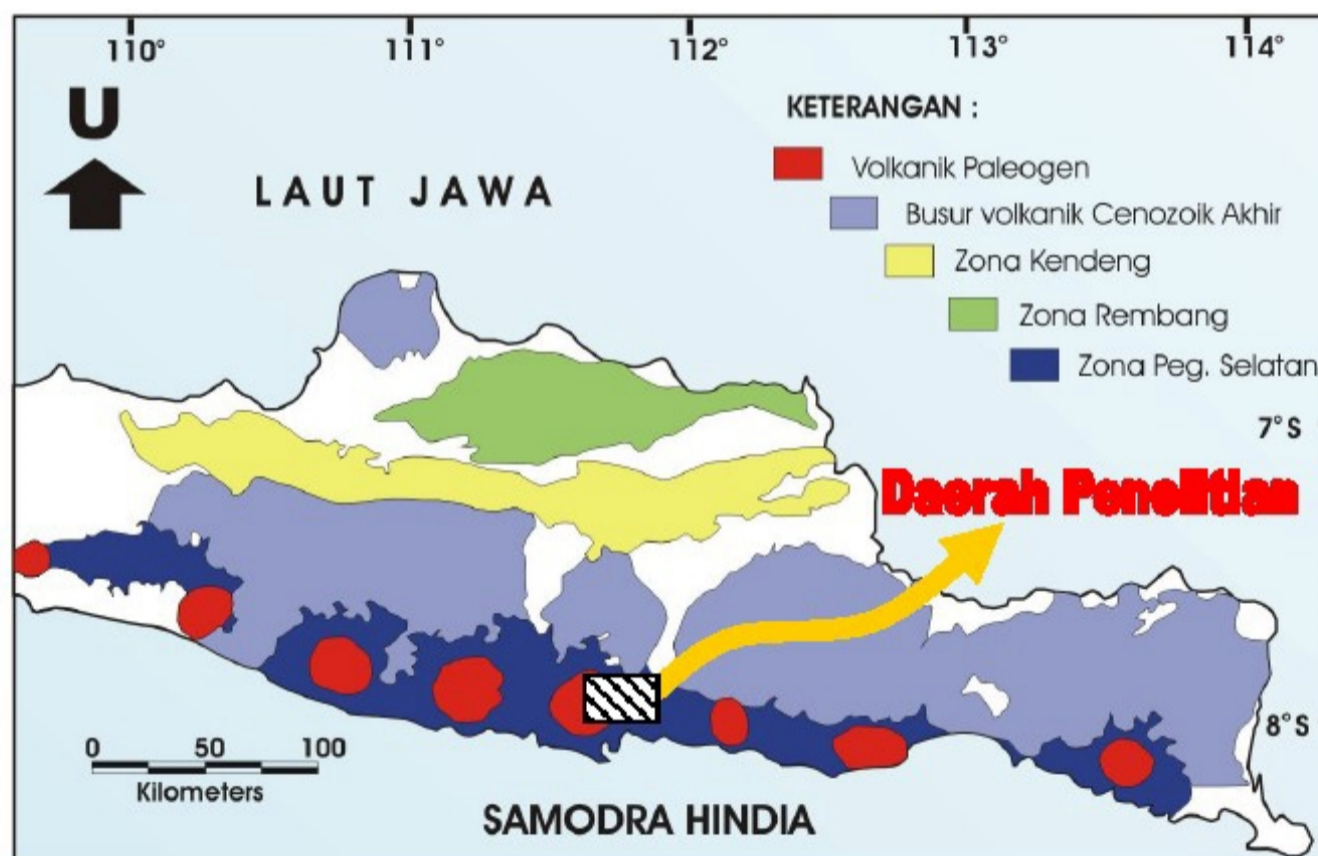
	Halaman
Gambar 1. : Peta fisiografi daerah Jawa Timur (setelah Smyth et al. 2003). -----	1
Gambar 2.: Peta lokasi daerah Ponorogo dan sekitarnya -----	2
Gambar 3.: Peta geologi regional Lembar Ponorogo dan sekitarnya, Jawa Timur (kompilasi dari Sampurna dan Samodra, 1997; dan Samodra dkk., 1992) -----	5
Gambar 4. Arah pola struktur utama Pulau Jawa dan Sekitarnya (Pulunggono dan Martodjojo, 1994) -----	6
Gambar 5. Analisis kelurusan struktur dari citra satelit di Ponorogo dan Sekitarnya, Jawa Timur -----	7
Gambar 6. Peta tatanan tektonik Asia Tenggara (Hall, 2001) -----	8
Gambar 7. Perkembangan zona subduksi dan busur magmatik pada zaman Tersier sampai sekarang pada orogen Sunda (modifikasi Soria-Atmadja dkk, 1994 dan Simanjuntak 1996)-----	10
Gambar 8. Sistem rekahan yang memperlihatkan pola renggangan pada tatanan konvergensi ortogonal (Corbett & Leach, 1998) -----	14

DAFTAR TABEL

Tabel 1: Kesebandingan stratigrafi Tersier Pegunungan Selatan Jawa Timur dari beberapa penulis -----	3
---	---

1. PENDAHULUAN

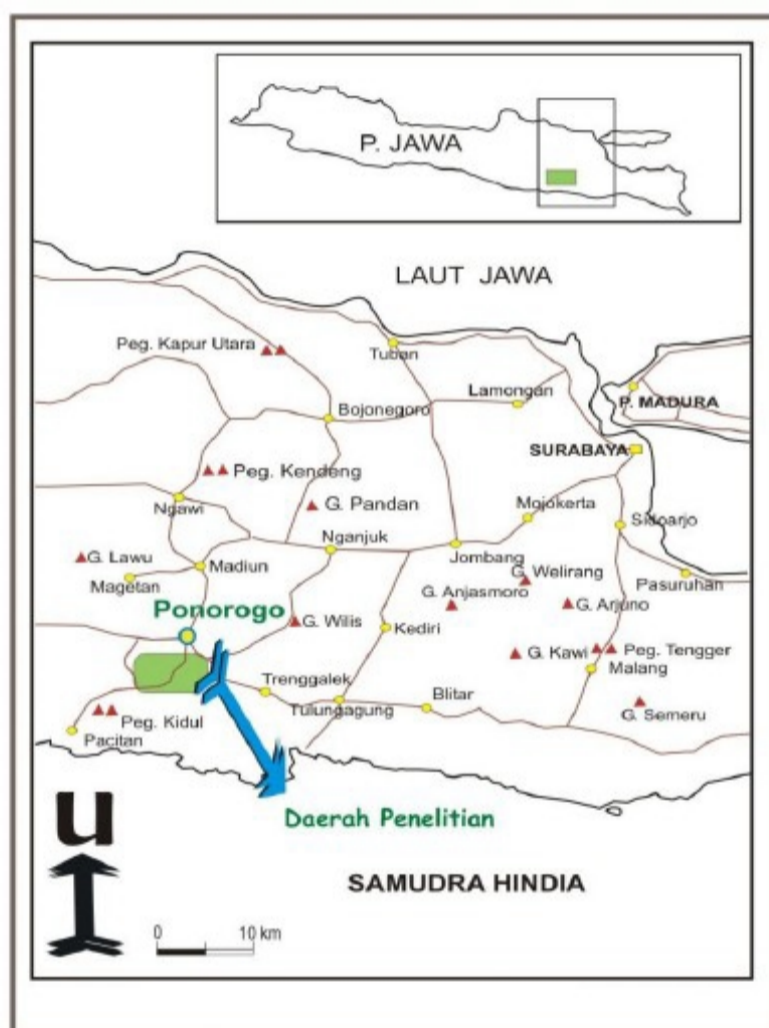
Daerah Ponogoro dan Pacitan termasuk dalam jalur Pegunungan Selatan (Gambar 1 dan 2), secara regional merupakan zona peralihan yang terletak diantara paleosubduksi Mesozoik (timurlaut-baratdaya) dan jalur subduksi Tersier – Resent (timur-barat). Daerah tersebut juga merupakan jalur magmatik Tersier – Resent yang bergeser ke selatan. Busur magmatik Tersier pada umumnya merupakan daerah mineralisasi logam dasar dan emas yang ekonomis. Adanya variasi jalur magmatik dan subduksi maka dimungkinkan juga terdapat variasi genesa dari mineralisasinya. Dalam makalah ini akan dibahas mengenai hubungan antara paleosubduksi terhadap proses mineralisasinya. Makalah ini juga diharapkan akan memberi kontribusi terhadap eksplorasi mineral deposit ditinjau dari tektoniknya.



Gambar 1. : Peta fisiografi daerah Jawa Timur (setelah Smyth et al. 2003)

Dengan melihat pola struktur dan penyebaran zona alterasi dan urat-urat mineralisasi yang kelihatannya mempunyai hubungan satu dengan lainnya yang terdapat

di daerah Ponorogo dan Pacitan maka dalam makalah ini penulis akan menjelaskan hubungan antara proses pembentukan mineralisasi terhadap tektonik. Dalam hal ini yang menjadi permasalahan adalah tektonik pada jaman apa yang mengakibatkan terjadinya mineralisasi di daerah penelitian dan apa tipe mineralisasinya. Selain itu juga adanya perubahan jalur subduksi dan magmatik selama Tersier apakah akan mempengaruhi proses pembentukan mineralisasinya. Metode yang dipakai dalam pembuatan makalah ini berdasarkan studi literatur dan peninjauan lapangan.



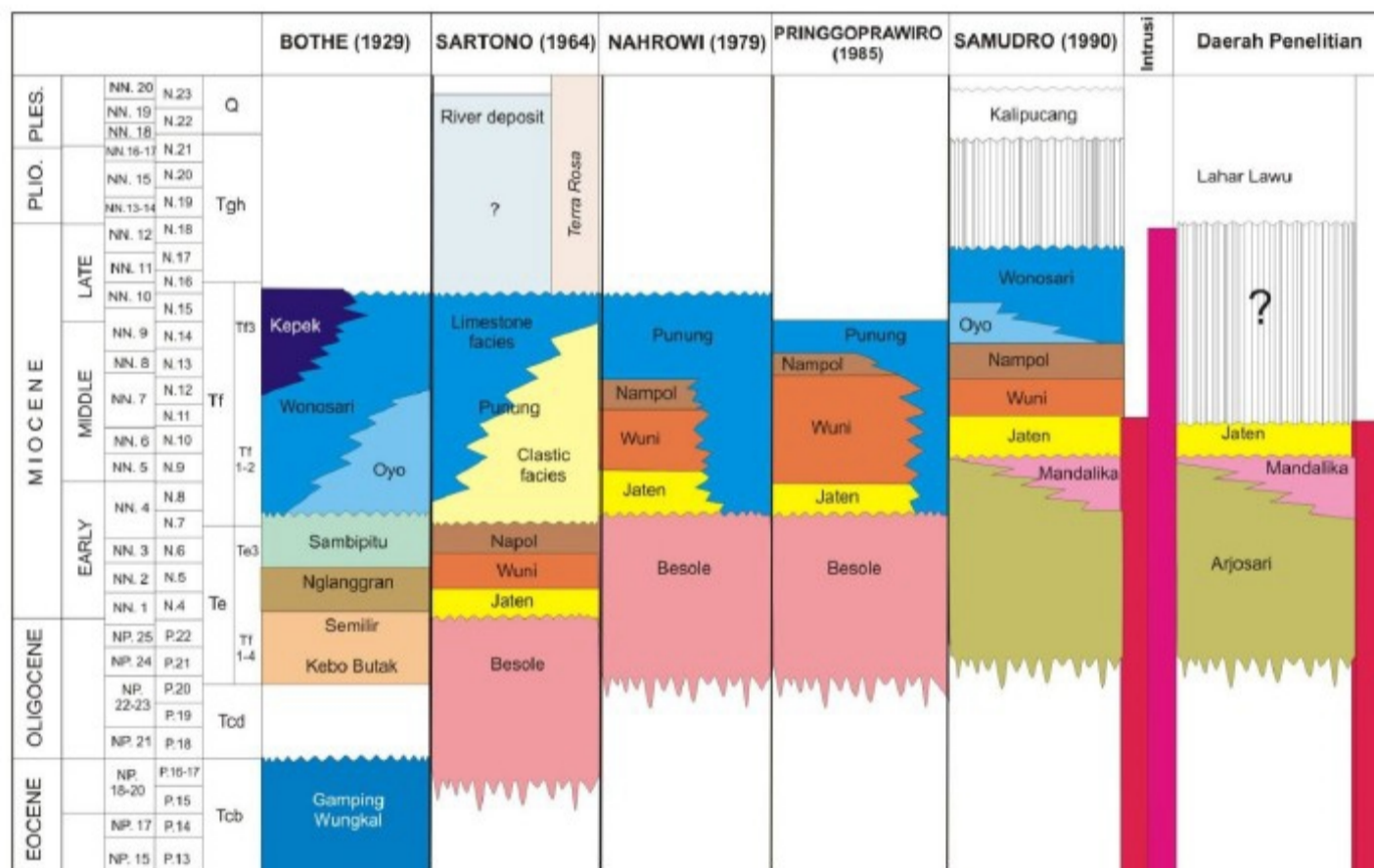
Gambar 2.: Peta lokasi daera penelitian

2. GEOLOGI

2.1. Stratigrafi

Secara fisiografi daerah Ponorogo dan sekitarnya 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 termediate sampai basa. Secara stratigrafi berturut-turut dari tua ke muda, menurut Samodra dkk. (1992) dan Sampurna dan Samodra (1997) (Tabel 1. dan Gambar 3) adalah Formasi Besole (Sartono, 1964), Formasi Semilir, Formasi Nglanggran, Formasi Wuni, Formasi Napol, Formasi Oyo, Formasi Wonosari, Satuan Batuan Karter Komplex Lawu dan Satuan Alluvial.

Tabel 1: Kesebandingan stratigrafi Tersier Pegunungan Selatan Jawa Timur dari beberapa penulis



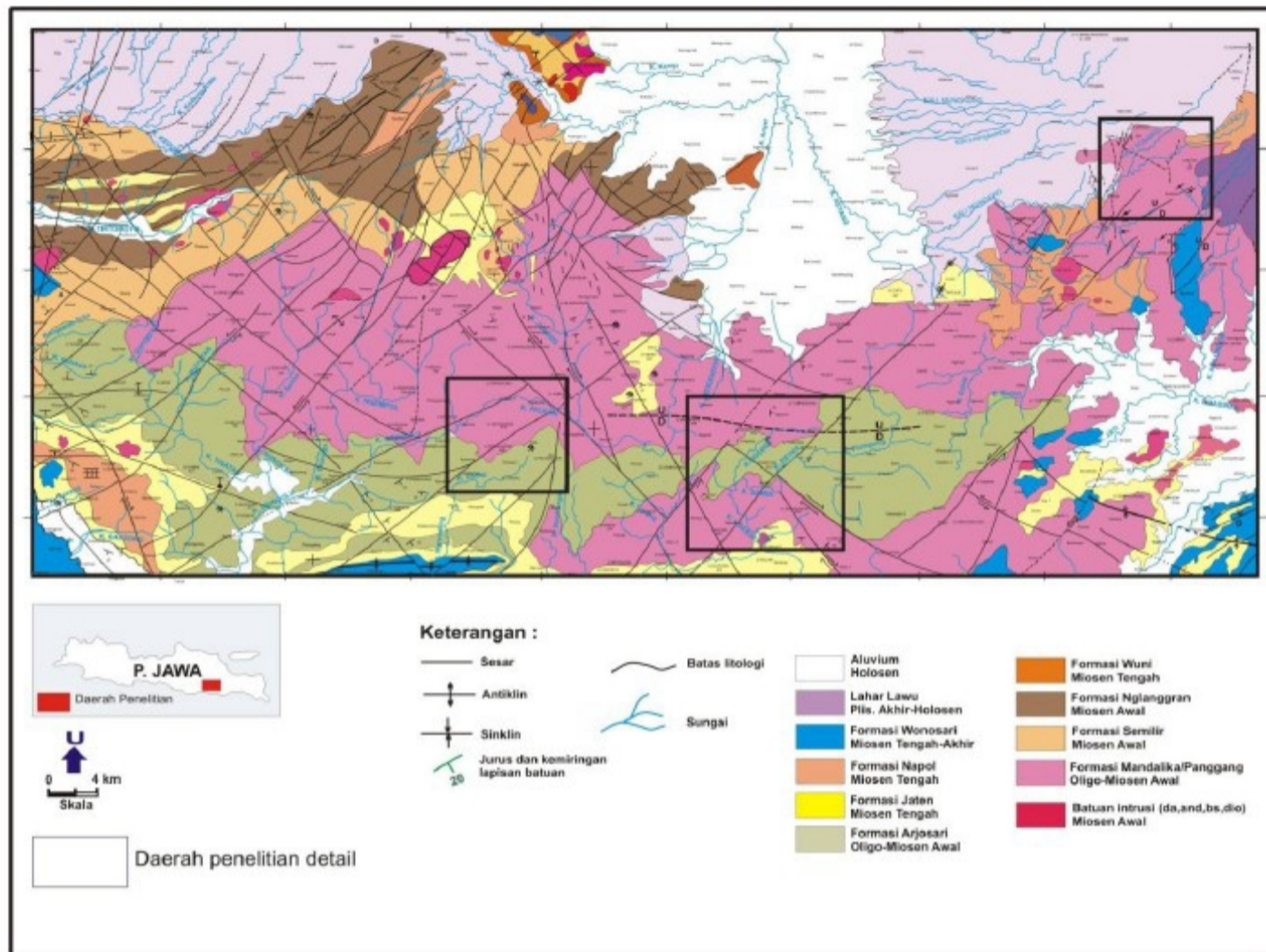
Formasi Besole dibagi menjadi tiga formasi pada Lembar Ponorogo (Sampurna dan Samodra, 1997) yaitu Formasi Watupatok, Formasi Panggang, dan Formasi Dayakan.

Sedangkan dilembar Pacitan, Formasi Besole dibagi menjadi dua formasi (Samodra dkk, 1992), yaitu Formasi Arjosari dan Formasi Mandalika. Formasi Watupatok terdiri dari lava bantal, basal berstruktur bantal dengan sisipan batupasir, batulempung dan rijang, diendapkan pada lingkungan laut. Formasi Dayakan disusun oleh batuan sedimen klastika yang diendapkan pada lingkungan laut dalam. Ketiga formasi (Watupatok, Panggang dan Dayakan) ini berumur Oligosen Akhir – Miosen Awal dan hubunga dari ketiganya saling menjemari. Formasi Arjosari terdiri dari klastika turbidit dan setempat negandung batugamping dan napal, dan berselingan dengan Satuan Batuan Gunungapi pada bagian atas. Formasi Mandalika atau Formasi Panggang terdiri dari perselingan antara breksi gunungapi dan lava yang bersusunan andesit dan basal, dan besisipan dengan batupasir tufaan, terbentuk pada lingkungan laut. Kedua formasi tersebut (Arjosari dan Mandalika) tersebut berumur Oligosen Akhir – Miosen Awal dan berhubungan saling menjari.

Formasi Semilir merupakan runtunan turbidit yang terdiri dari breksi batuapung dan perulangan batupasir kerikilan, batupasir dan batulempng yang terbentuk pada lengkungan laut dalam dan berumur Miosen Awal. Formasi ini menindih selaras satuan batuan Oligo-Miosen diatas. Formasi Nglanggran disusun oleh breksi gunungapi andesit-basal dan batupasir, berumur Miosen Awal dan terbentuk pada lingkungan darat sampai peralihan atau laut dangkal.

Sebagian besar dari satuan batuan berumur Oligo-Miosen Awal telah mengalami alterasi (Dyah Hastuti, 2006; Purwanto, 1996; Sudarto dan Prapto 1995). Kemudian semua satuan batuan diatas di terobos oleh andesit, dasit, diorit dan basal yang berbentuk *stock* dan retas yang diduga berumur Miosen Tengah.

Kemudian diatasnya diendapkan satuan batuan klastika dari Formasi Jaten; satuan batuan gunungapi Formasi Wuni dan Formasi Napol; satuan batuan karbonat Formasi Oyo dan batugamping terumbu dari Formasi Wonosari. Setelah itu daerah penelitian mengalami aktivitas vulkanik yang menghasilkan batuan gunungapi Kwartir Komplek Lawu yang bersusunan andesit yang berumur Pliosen. Terakhir diendapkan secara tidak selaras satuan alluvial.



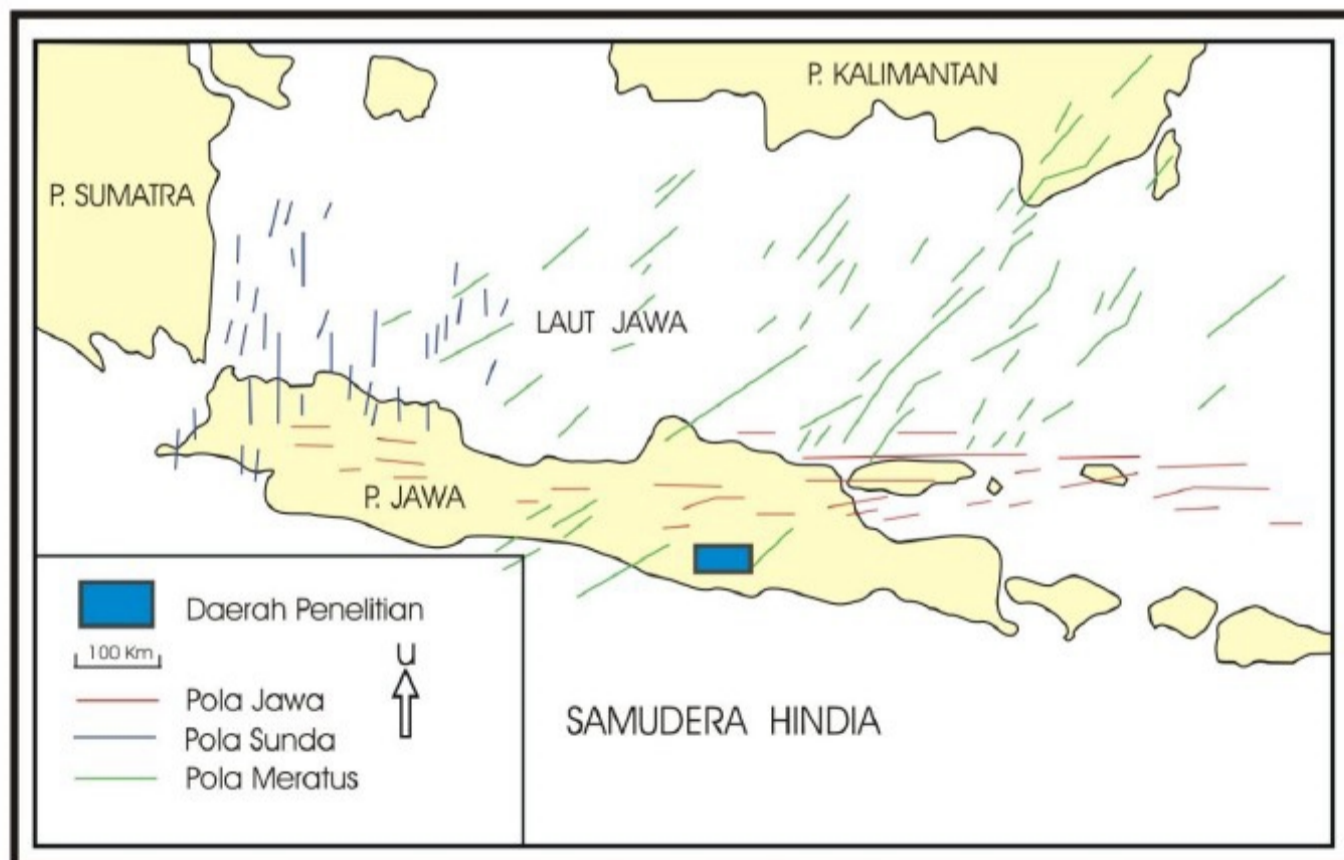
Gambar 3.: Peta geologi regional Lembar Ponorogo dan Pacitan (kompilasi dari Sampurna dan Samodra, 1997; dan Samodra dkk., 1992)

2.2. Struktur Geologi

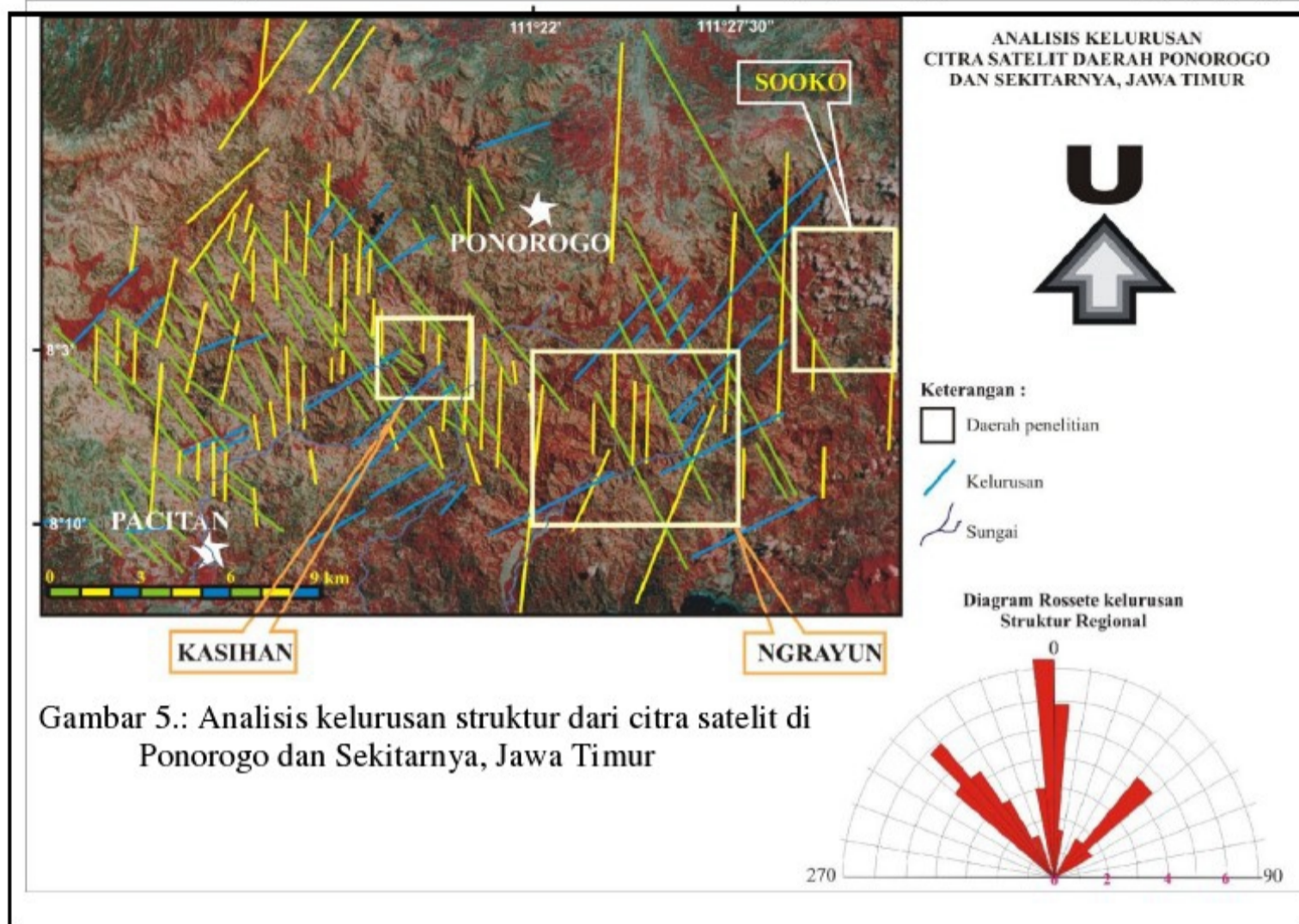
Struktur batuan yang berkembang di daerah penelitian adalah lipatan, sesar dan kekar. Sistem lipatan di daerah ini pada umumnya mempunyai sumbu lipatan relatif berarah barat-timur atau baratdaya – timurlaut dan berkembang di bagian barat (Sampurna dan Samodra, 1997). Sesar umumnya merupakan sesar turun dan geser. Sesar-sesar geser pada umumnya mempunyai arah baratlaut – tenggara dan timurlaut – baratdaya. Sesar yang berarah timurlaut-baratdaya mempunyai jenis mendatar mengiri, sedangkan yang berarah baratlaut-tenggara mempunyai peregarkan manganan (Adjat Sudrajat & Cho Jong-IK, 1993). Sesar-sesar yang mempunyai arah barat-timur dan utara-selatan pada umumnya merupakan sesar normal (Samodra dkk, 1992; Sudarto & Prpto, 1995; Sampurna & Samodra, 1997;

Purwanto, 1997; Dyah Hastuti, 2003). Menurut Purwanto (1997) bahwa sesar-sesar yang berarah baratlaut-tenggara dan timurlaut-baratday diperkirakan merupakan sesar tua yang terbentuk pada Miosen Tengah.

Selanjutnya arah sesar-sesar di daerah penelitian bila dihubungkan dengan penelitian Pulunggono dan Martodjojo (1994) dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu: sesar-sesar yang berarah baratlaut-tenggara dan utara-selatan merupakan sesar-sesar dengan pola Sunda, sedangkan yang berarah timurlaut-baratday merupakan sesar-sesar dengan pola Meratus dan sesar-sesar yang berarah barat-timur merupakan sesar-sesar dengan pola Jawa, dimana ketiga pola sesar tersebut dapat dijumpai di daerah penelitian (Gambar 4). Sistem sesar geser di daerah penelitian ini saling berpotongan dan membentuk pola “V” (Adjat Sudradjat, 1975), dengan arah baratlaut-tenggara dan timurlaut-baratday. Menurut Sopaheluwaka (1975) yang banyak melakukan penelitian struktur di daerah Tegalombo dan sekitarnya, bahwa sesar-sesar tersebut diduga merupakan sesar tua yang dalam perkembangannya mengalami peremajaan. Berdasarkan analisis citra satelit di daerah penelitian menunjukkan kelurusan struktur antara lain utara-selatan (U350°T – U5°T); baratlaut-tenggara (U310°T - U340°T); dan timurlaut-baratday (U30°T – U60°T) (Gambar 5)



Gambar 4.: Arah pola struktur utama Pulau Jawa dan Sekitarnya (Pulunggono dan Martodjojo, 1994)



Gambar 5.: Analisis kelurusan struktur dari citra satelit di Ponorogo dan Sekitarnya, Jawa Timur

2. TEKTONIK SETTING

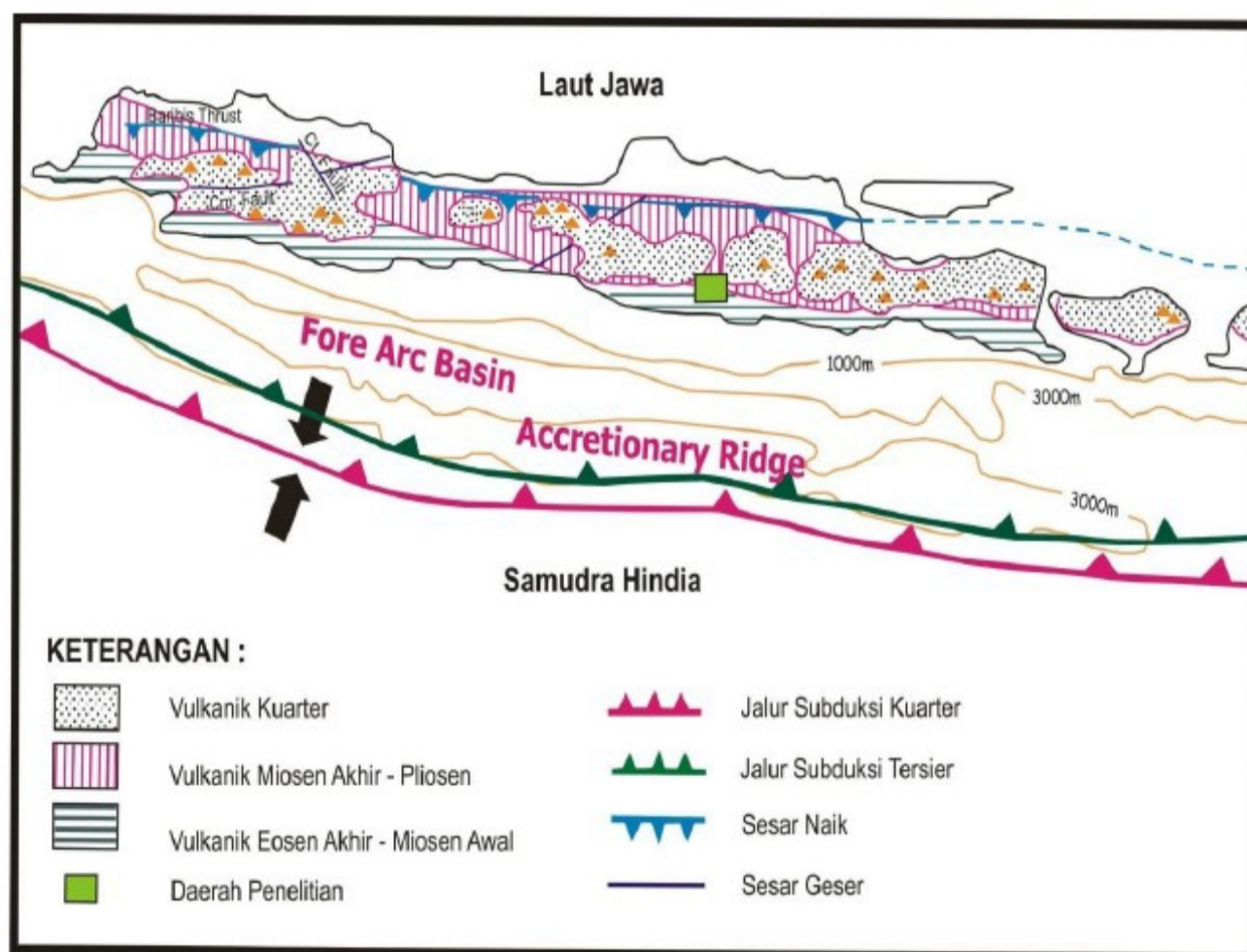
Kerangka tektonik di daerah penelitian tidak dapat dipisahkan dari sejarah tektonik global di Indonesia bagian barat khususnya Jawa. Menurut Simanjuntak dan Hall (1996), bahwa kepulauan Indonesia diperkirakan telah berkembang sejak Neogen. Perkembangan ini sangat dipengaruhi oleh interaksi dari ketiga lempeng utama yaitu: Lempeng Laut Filipina bergerak kearah utara-baratlaut (10 cm/th), Lempeng Indo-Australia bergerak kearah utara-timurlaut (8cm/th), dan Lempeng Eurasia yang tetap atau bergerak relatif lambat (0,4 cm/th) kearah tenggara (Minster & Jordan, 1978 dalam Simanjuntak & Hall, 1996; Gambar 6). Akibat interaksi ketiga lempeng tersebut menyebabkan terbentuknya busur vulkanik yang mempunyai total panjang busur sekitar 7000 km. Busur ini sebagian besar mengandung segmen-segmen mineral deposit dan yang terpanjang dijumpai pada Busur Sunda-Banda (Calie & Mitchell, 1994).



Gambar 6. : Peta tatanan tektonik Asia Tenggara (Hall, 2001)

Nahrowi (1978) telah membagi Pegunungan Selatan di Jawa Timur berdasarkan strukturnya menjadi empat daerah tinggi dan lima daerah rendahan yang masing-masing dibatasi oleh sesar-sesar yang berbentuk huruf “V”. Daerah-daerah tinggi dan rendahan tersebut pada umumnya telah diisi oleh endapan lediment yang berumur Miosen Tengah – Atas, berarti bahwa pola tinggi dan rendahan terjadi sebelum Miosen Tengah – Atas. Selain itu juga dijumpai struktur lipatan yang berarah barat – timur (Gambar 3). Melihat pola struktur yang demikian menunjukkan bahwa pembentukan struktur di daerah penelitian sangat dipengaruhi oleh interaksi konvergen antara Lempeng India-Australia dengan Lempeng Asia Tenggara. Struktur yang berkembang di daerah penelitian adalah lipatan, sesar dan kekar. Struktur-struktur tersebut pada umumnya berarah timurlaut-baratdaya, baratlaut-tenggara, barat-timur dan utara-selatan dengan gaya utama utara-selatan (Gambar 5).

Daerah penelitian yang termasuk jalur Pegunungan Selatan diduga terbentuk oleh deformasi yang sedikitnya dua kali periode fase tektonik (Sopaheluwaka, 1976 dan Soeria-Atmadja dkk, 1994), yaitu: pertama terjadi pada Oligosen Akhir – Miosen Awal dan kedua pada Miosen Tengah – Akhir yang menghasilkan busur magmatik. Menurut Soeria-Atmadja dkk (1994), aktivitas magmatik ini merupakan aktivitas paling awal di Jawa dan muncul sebagai pillow lava yang merupakan bagian paling bawah dari Formasi Besole. Pillow lava tersebut hampir semuanya merupakan batuan apirik dengan massa dasar telah mengalami alterasi hidrotermal menjadi klorit – epidot – albit – karbonat dan berdasarkan dating K-Ar batuan ini berumur 40 juta tahun (Soeria-Atmadja dkk., 1994), sedangkan batuan magmatik yang lebih muda terjadi pada Miosen Tengah (15,3 juta tahun) yang terdiri atas andesit, riolit dan piroklastik. Batuan ini memotong Formasi Besole dan teralterasi lemah. Berdasarkan komposisi kimia menunjukkan tipe medium-K calc-alkaline (Peccerillo & Taylor, 1976 dalam Soeria-Atmadja dkk., 1994). Dari pola struktur tersebut diatas menunjukkan bahwa gaya utama adalah utara-selatan sesuai dengan kegiatan penunjaman Lempeng Samudra India-Australia kebawah Lempeng Benua Eurasia (Gb. 7).



Gambar 7.: Perkembangan zona subduksi dan busur magmatik pada zaman Tersier sampai sekarang pada orogen Sunda (modifikasi Soria-Atmadja dkk, 1994 dan Simanjuntak 1996)

Dengan demikian evolusi tektonik di Jawa selama Tersier menunjukkan jalur subduksi yang menerus dari lempeng India-Australia menyusup ke bawah Jawa (Hamilton, 1979 dan Katili, 1975) dengan busur magmatik Tersier sedikit bergeser ke utara dan busur magmatik kuarter berimpit dengan busur magmatik Miosen Tengah (Soeria-Atmadja dkk (1994), sedangkan jalur subduksinya bergeser keselatan. Hal ini menunjukkan bahwa penunjaman dari subduksi semakin landai pada jaman Tersier sampai sekarang.

Secara regional pembentukan struktur Tersier di Jawa dapat dibagi dalam tiga periode, yaitu pada jaman Paleogen merupakan *extensional rifting*, jaman Neogen merupakan *compressional wrenching*, dan Plio-Pleistosen merupakan *compressional thrust-folding*, Menurut Purwanto (1997), berdasarkan hal tersebut diatas pada daerah penelitian pola tegasan baru mulai berlangsung pada awal Miosen Awal, dimana terjadi *rifting* dan terendapkannya sedimen tebal tebal Formasi Arjosari dan Mandalika. Kemudian terjadi regresi pada Miosen Awal, yaitu diendapkannya. Formasi Jaten dilingkungan darat dengan terbentuknya sesar-sesar geser dan pembentukan struktur lipatan yang berarah barat-timur. Selanjutnya terjadi penurunan, dimana ditandai dengan terendapkannya Formasi Funi pada lingkungan laut dangkal-peralihan, disini terjadi *compressional* pada Miosen Akhir, dengan terbentuknya sesar-sesar geser. Pada Plio-Pleistosen terjadi gaya tegasan yang menyebabkan terbentuknya sesar dengan arah barat-timur serta pembelokan struktur lipatan dibagian barat daerah penelitian kearah baratlaut-tenggara, dimana secara regional di Jawa terjadi *compressional thrust-folding*.

4. ALTERASI DAN MINERALISASI

4.1. Alterasi

Larutan hidrotermal baik sebagai pembawa mineralisasi maupun tidak menyebabkan terjadinya alterasi pada batuan sampling yang dilaluinya. Adanya alterasi

pada batuan merupakan kontrol penting terhadap kemungkinan adanya konsentrasi mineralisasi logam disekitar zona alterasi tersebut.

Menurut Purwanto (1996) dan Sudiarto dan prpto (1995) alterasi di daerah penelitian dijumpai hampir disemua satuan batuan terutama pada batuan yang berumur Oligosen Akhir – Miosen Awal. Berdasarkan prosesnya dapat dikelompokkan menjadi propilitisasi (kloritisasi dan epidotisasi), silisifikasi dan kaolinisasi. Batuan yang mengalami alterasi secara kuat pada umumnya membentuk lingkaran-lingkaran alterasi tertentu (*alteration haloes*) yang dikontrol oleh rekahan-rekahan yang terjadi pada batuan.

Di daerah Kasihan (Laporan penelitian SDM, 1993), Formasi Arjosari dapat dibagi menjadi dua anggota yaitu anggota sedimen pada bagian bawah dan anggota vulkanik pada bagian atas. Anggota sedimen terdiri dari konglomerat polimik, batupasir, batulanau, *mudstone*, batugamping dan tuff. Batuan-batuan tersebut pada umumnya telah mengalami proses silisifikasi dan menunjukkan warna coklat kehijauan terutama disekitar batuan intrusi. Sedangkan batugamping dan batuan gampingan (*calcareous rocks*) yang merupakan perselingan pada bagian bawah anggota sedimen, sebagian telah mengalami alterasi menjadi meta-limestone yang berwarna coklat tua, pada anggota sedimen, batuan-batuan ini pada umumnya mengandung kalsit, garnet dan kuarsa, dan sebagian kecil mineral-mineral mika, talc, piroksen dan mineral lempung, selain itu juga mengandung mineral-mineral bijih seperti pirit, kalkopirit, spalerit, galena, hematit dan pirolusit. Sedangkan anggota vulkanik terdiri dari tuff, lava dan breksi dengan komposisi andesit, dasit dan riolit, pada umumnya batuan-batuan ini telah mengalami serisitisasi dan kloritisasi yang mengandung mineral-mineral epidot, kalsit, dan kaolin. Sedangkan Formasi Mandalika terdiri dari tuff, lava, breksi dan terdapat sisipan batupasir, batulanau dan batulempung. Batuan ini pada umumnya telah mengalami propilitisasi.

4.2. Mineralisasi

Sebaran mineralisasi logam dasar (Cu, Pb dan Zn) di daerah penelitian sudah diketahui sejak jaman penjajahan Belanda dan beberapa diantaranya sudah ditambang. Menurut Pott (1942) lokasi sebaran mineralisasi logam dasar terdapat di Tirtomoyo, Janglot, Ptungsinaran, Kasihan dan Tegalombo dengan pola sebaran pada umumnya adalah

di daerah Nawangan dan Ngrayun, mineralisasi pada umumnya mempunyai tipe urat dan stockwork mempunyai arah baratlaut-tenggara dengan kemiringan 40 – 80 dengan ketebalan urat berkisar antara 2 – 75 cm dan sebagian dijumpai sebagai pengisi breksi.

Mineralisasi yang terdapat di daerah penelitian pada umumnya adalah pirit, kalkopirit dan spalerit, dan setempat-setempat dijumpai argentit, bornit, kovelit dan malakit. Menurut Samodra dkk. (1992), mineralisasi pirit dan kalkopirit yang terdapat dalam urat kuarsa di selatan Nawangan, terdapat pada Formasi Arjosari dan Mandalika, diperkirakan akibat penerobosan batuan beku yang terdapat di Manjungan dan Prigi.

5. HUBUNGAN TEKTONIK DENGAN PROSES MINERALISASI

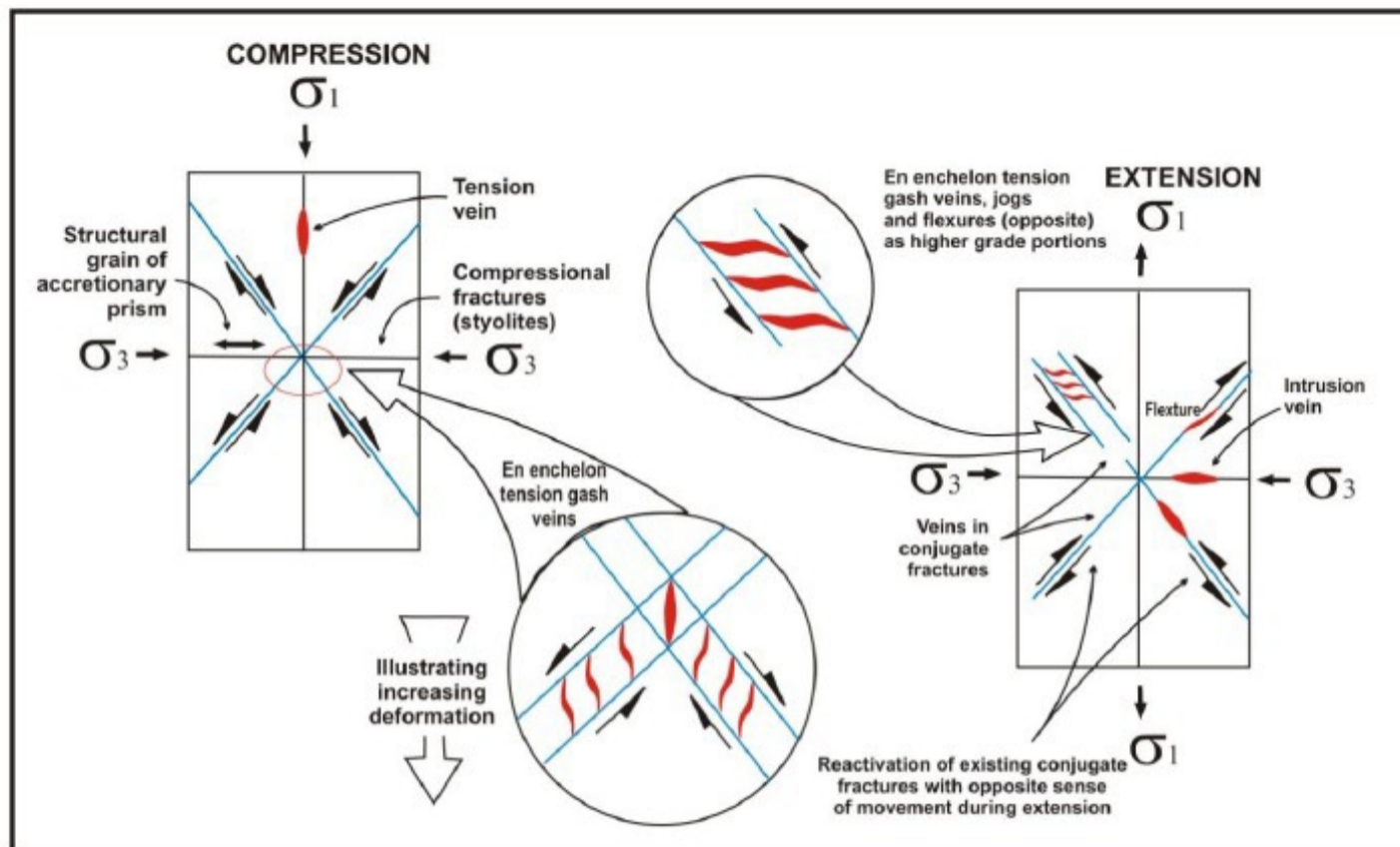
Struktur di daerah penelitian sangat dipengaruhi oleh adanya interaksi subduksi dengan tipe *Island Arc* yang ditunjukkan oleh tipe magmanya, yaitu toleit pada aktivitas pertama (Oligo-Miosen) dan *calc-alkaline* pada aktivitas selanjutnya (Miosen Tengah). Secara umum endapan mineral yang berhubungan dengan *island arc system* dapat terdiri dari *porphyry type deposits*, *skran deposits*, *metal bearing breccia pipe*, *hydrothermal deposits* dan lain-lain. *Hydrothermal deposits*, tersebar pada bagian atas vulkanik dari *island arc* pada bagian paling atas terdiri dari *stock* dan batolit. Deposit terjadi sepanjang *arc system* dimana erosi memotong tidak terlalu dalam.

Adanya struktur-struktur tersebut menyebabkan larutan hidrotermal yang terpanasi oleh batuan intrusi mengubah batuan sampling dan menghasilkan batuan alterasi dan mineralisasi. Alterasi batuan sebagai hasil kegiatan hidrotermal mempunyai variasi mineral terubah yang tergantung pada tingkat kondisi pembentukannya. Kondisi tersebut secara umum dipengaruhi oleh sifat-sifat dari larutan hidrotermal sendiri antara lain komposisi, suhu dan tekanan; kemudian dipengaruhi oleh sifat batuan sampling (*wallrock*) yang meliputi tipe batuan dan reaksi kimia yang terjadi antara *wallrock* dan larutan hidrotermal (Guilbert, 1970). Larutan hidrotermal selain mengakibatkan terjadinya alterasi juga mengakibatkan mineralisasi yang umumnya terdiri dari pirit, kalkopirit, spalerit. Mineralisasi ini pada umumnya dijumpai pada urat-urat kuarsa yang mempunyai arah baratlaut-tenggara dan timurlaut-baratdaya.

Daerah penelitian merupakan daerah yang terdiri dari batuan vulkanik yang berumur Tersier – Kuartar. Batuan vulkanik yang berumur Oligo-Miosen Awal pada umumnya telah mengalami alterasi baik akibat proses argilitisasi, kloritisasi (propilitisasi maupun silisifikasi. Selain itu batuan ini juga mengalami mineralisasi yang diperkirakan mempunyai tipe *epithermal system* ditandai dengan hadirnya mineral-mineral temperatur rendah (50 – 200 °C), seperti klorit, pirit, serisit, adularia dan kuarsa. Proses alterasi pada umumnya dijumpai disekitar zona sesar dan intrusi, sedangkan mineralisasi pada umumnya dijumpai dalam urat-urat kuarsa dan pada zona silisifikasi. Maka dapat dikatakan bahwa *hostrock* dan mineralisasi adalah batuan vulkanik (*volcanic hostrock*). Sedangkan *head source* nya adalah magmatik yang berhubungan dengan adanya interaksi lempeng konvergen dengan tipe subduksi pada Miosen Tengah. Akibat adanya subduksi tersebut maka akan terbentuk sesar-sesar baru dan mengaktifkan sesar-sesar lama yang merupakan *channel way* dari larutan hidrotermal dalam perjalanan ke permukaan dan mengakibatkan terjadinya alterasi dan mineralisasi.

Dengan melihat evolusi magmatiknya maka daerah penelitian menunjukkan bahwa jalur magmatik bergeser ke arah utara selama Tersier yang menyebabkan jalur magmatik semakin lebar. Hal ini menyebabkan terjadinya variasi mineralisasi di daerah penelitian. Tektonik yang mempengaruhi adalah normal yaitu tidak mengalami perubahan kecepatan selama periode Oligosen Akhir – Miosen Tengah. Jalur subduksi yang mengarah ke utara merupakan gaya utama dan mengakibatkan terbentuknya struktur di daerah penelitian.

Berdasarkan teori Moody & Hill (1976) apabila suatu gaya kompresi yang berarah utara-selatan maka akan terjadi sesar mendatar yang berarah baratlaut-tenggara dan timurlaut-baratdaya dan pada saat gaya terhenti maka sebagai reaksi akan terjadi ekstension yang mengakibatkan sesar-sesar tersebut terbuka dan akan terisi kuarsa yang membentuk urat-urat (Gb. 8). Sehingga mineralisasi hanya dijumpai pada urat-urat yang berarah baratlaut tenggara dan timurlaut-baratdaya.



Gambar 8: Sistem rekahan yang memperlihatkan pola renggangan pada tatanan konvergensi ortogonal (Corbett & Leach, 1998)

6. KESIMPULAN

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa :

- Secara umum daerah penelitian merupakan daerah yang disusun oleh batuan vulkanik dan batuan sedimen klastika yang diendapkan pada lingkungan darat sampai laut dalam dan sebagian terbentuk secara turbidit dan terbentuk pada kala Tersier – Kuartar.
- Di daerah penelitian telah terjadi tiga periode magmatik dan tektonik, yaitu dua periode terjadi selama Tersier, dengan jalur magmatik bergeser ke arah utara, sedangkan batas lempeng bergeser ke selatan, dan satu periode magmatik terjadi pada Kuartar

DAFTAR PUSTAKA

- Adjat Sudrajat, 1978. Batuan gunungapi dan struktur geologi di Jawa Timur dan Nusatenggara Barat. *Geol. Indonesia*, v.2, no.3, hal 19 – 22
- Adjat Sudraja and Jong-IK, 1993. Report on the joint mineral exploration in the Pacitan – Ponorogo area, East Jawa, the Republic of Indonesia. Unpublish.
- Hamillton, W. 1979. Tectonic of Indonesia Region, US Geological Survey Profesional Paper, 1078
- Katili, JA. 1975. Volcanism and plate tectonic in the Indonesian Island Arcs. *Tectonophysics*, 26: 165 – 188.
- Nahrowi, TY.; Suratman; Namida, S.; dan Hidayat, S. 1980. Geologi Pegunungan Selatan Jawa Timur, Prosiding PIT IX IAGI.
- Pulunggono, A.dan Matodjojo, S. 1994. Perubahan tektonik Paleogen – Neogen merupakan peristiwa tektonik penting di Jawa. Prosiding Geologi dan Geotektonik P. Jawa sejak Akhir Mezozoik hingga Kuartar. Prosiding IAGI., hal. 37-50
- Purwanto, H.S. 1997. Analisis dan genesa pembentukan struktur geologi pada batuan berumur Oligosen – Miosen di daerah Pacitan dan sekitarnya, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur. *Thesis Magister. ITB*. tidak dipublikasikan.
- Samodra, H.; Gafoer, S.; dan Tjokrosapoetro, S. 1992. Peta geologi lembar Pacitan. Jawa. Sekala 1 : 100.000. Puslitbang Geologi. Bandung.
- Sampurno dan Samodra, H. 1997. Peta geologi lembar Ponorogo. Jawa. Sekala 1 : 100.000. Puslitbang Geologi. Bandung.
- Soeria-Atmadja, R.; Sunutanto; & Hendaryono. 2001. Epithermal gold-copper mineralization, late Neogene calc-alkaline to potassic calc-alkaline magmatism and crustal extension in the Sunda-Banda arc. *Geological Society of Malaysia Annual Geological Conference*, 39 – 46.
- Sopaheluwakan, J. 1994. Critiques and a new perspective on basement tectonic studies in Indonesia: A review of current results and their significance in geological exploration. *Prosiding Tridasawarsa Puslitbang Geoteknologi LIPI*, II-163 – 175
- Sudarto, T. dan Prapto, A.S. 1995. Laporan penyelidikan logam dasar dan logam mulia di daerah Nawangan, Pacitan dan Ngrayun, Ponorogo, Jawa Timur. Direktorat Sumberdaya Mineral. Bandung.