

GENESA MINERALISASI LOGAM HIDROTERMAL DAERAH PACITAN JAWA TIMUR: Berdasarkan Mineralogi dan Mikrotermometri Inklusi Fluida

**Sudarsono¹, Sri Indarto¹, Iwan Setiawan¹, Ahmad Fauzi Ismayanto¹, dan
Lina Nur Listiyowati¹**

¹Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, Jalan Sangkuriang Bandung 40135

Telpon: +62 022 2503654, Fax: +62 022 2504593

Email: suda016@geotek.lipi.go.id

Sari

Penyelidikan yang dilakukan di beberapa daerah di Kabupaten Pacitan Jawa Timur menemukan beberapa indikasi mineralisasi logam hidrotermal berupa ubahan batuan dan urat-urat kuarsa yang umumnya berarah Utara Timurlaut – Selatan baratdaya dan Utara Baratlaut – Selatan Tenggara, kadang juga barat-Timur. Batuan ubahan yang berkembang adalah propilit, argilik dan silisifikasi. Baik pada zona batuan ubahan maupun urat kuarsa mengandung bijih sulfida : pirit ± kalkopirit ± sfalerit ± galena± magnetit. Kadang dijumpai mineral tembaga sekunder seperti : malakit, azurite dan kuprit, terutama di daerah Kluwih, Tulakan dan Tegalombo. Sistem hidrotermal yang berperan dalam pengendapan mineral logam di daerah Pacitan dan sekitarnya adalah sistem epitermal hingga mesotermal, atau pada zona “base metal horizon” hingga “precious metal horizon”. Pembentukan mineralisasi hidrotermal bermula dari ubahan propilit pada batuan sampling yang disertai pengendapan mineral-mineral sulfida logam dasar pada celah dan sedikit menyebar pada zona batuan sampling. Seiring dengan perjalanan waktu temperatur fluida menurun dan mengubah batuan sampling menjadi argilik dan pengendapan mineral-mineral yang didominasi oleh pirit berukuran halus. Erosi di daerah selatan tenggara relatif lebih intensif sehingga menyingkap zona logam dasar, sedangkan di sebelah Utara baratlaut erosi masih menyisakan zona atas untuk mendapatkan endapan logam dasar yang relatif dekat permukaan adalah daerah-daerah Selatan tenggara, sedangkan untuk memperoleh logam mulia, peluang dapat di temukan di daerah Utara baratlaut.

Kata Kunci: Mineralisasi, hidrotermal, sulfida logam, Pacitan

Abstract

Hydrothermal activity in Pacitan area East Java indicated by rock alteration zone and quartz vein NNE-SSW, NNW-SSE trend. The rock alteration zone are propilitic zone, argilic zone and silicification zone. The sulphide ore are pyrite, chalcopyrite, sphalerite and galena. In several location occurred secondary copper such as : malachite, azurite and cuprite. The hydrothermal system was able in pacitan and surrounding area interpreted as epithermal to mesothermal system, or base metal horizon to precious metal horizon. Where, South Southeastern region (Kluwih, Kasiyan) dominantly base metal (Cu Pb Zn), otherwise, North Northwest region (Gunung Gembes, Nawangan, and Kebonsari) relatively more precious metal. Hydrothermal process initially by propilitic alteration and deposited quartz vein, then argilic alteration overprint both. Finally, surface erosion outcropped those, where South Southeastern region more intensively than North Northwestern region.

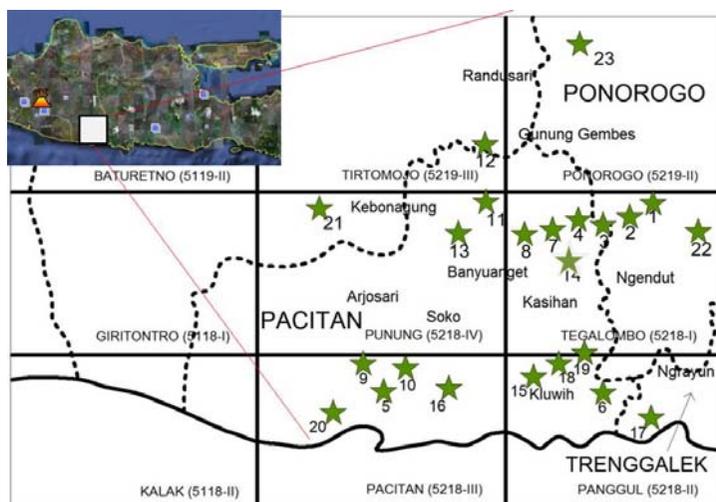
Keywords: Hydrothermal, mineralization, sulphide ore, Pacitan

PENDAHULUAN

Pegunungan Selatan di Pulau Jawa dibentuk oleh busur vulkanik yang membujur dari barat ke timur. Aktivitas vulkanik di jalur tersebut tercatat berumur Oligo-Miosen sampai Resen. Keberadaan endapan logam yang selalu berkaitan dengan aktivitas magmatik, memberikan indikasi bahwa jalur Pegunungan Selatan tersebut memiliki potensi untuk menghasilkan endapan logam. Hasil berbagai kegiatan eksplorasi perusahaan tambang maupun penelitian dari banyak kalangan di wilayah pegunungan ini, menunjukkan bahwa kawasan ini memang memiliki potensi endapan mineral hidrotermal, diantaranya adalah di daerah Pacitan.

Berbagai macam mineral logam sulfida hasil hidrotermal telah ditemukan di berbagai lokasi di sekitar Pacitan, diantaranya oleh Widodo, dkk (2006), Sendjaja, P.dkk, (2007), Setiawan (2008), W. Kartawa, dkk. (2005). Walaupun telah ditemukan adanya indikasi mineralisasi hidrotermal di daerah Pacitan ini, namun hingga saat ini belum diketahui secara jelas genesa dan sistem hidrotermal yang berperan dalam proses pengendapan mineral di daerah ini.

Dengan memahami genesa dan sistem hidrotermal yang berperan di daerah ini, diharapkan dapat membantu pemilihan daerah yang prospek untuk komoditi mineral logam tertentu yang dimaksudkan.



Gambar 1. Lokasi pengamatan dan pengambilan sampel batuan (tanpa skala) di daerah Pacitan

METODOLOGI

Magma sebagai sumber fluida hidrotermal disusun oleh unsur utama, unsur jejak dan unsur tanah jarang. Diantara unsur jejak tersebut terdapat unsur-unsur logam yang menjadi sumber pembentukan endapan logam. Larutan hidrotermal sisa magma yang mengandung unsur-unsur logam tersebut akan bergerak keatas mencari kesetimbangan tekanan. Dalam perjalanannya larutan bereaksi dengan media yang dilaluinya, melarutkan dan atau mengendapkan kandungannya. Kondisi lingkungan fisika dan kimia larutan akan mempengaruhi hasil interaksinya, baik ubahan batuan maupun mineral bijih yang diendapkan. Pengendapan mineral logam pada dasarnya terjadi ketika fluida hidrotermal yang terbentuk membawa unsur logam

yang cukup dengan kondisi fisika kimia yang sesuai dengan kondisi pengendapan mineral logam.

Untuk dapat mengungkap genesa mineralisasi logam hidrotermal di daerah Pacitan, dilakukan pendekatan dengan cara telaah data sekunder, pengamatan geologi lapangan dan analisis laboratorium.

Dengan menganalisis petrografi karakter batuan ubahan, mineragrafi, dan mikrotermometri inklusi fluidanya, diharapkan dapat mengetahui genesa dan sistem hidrotermal yang berperan dalam proses pengendapan mineral di daerah ini.

DATA HASIL PENELITIAN

Selain menghimpun informasi dari berbagai data sekunder, pengambilan data juga dilakukan dengan penelitian Lapangan di daerah-daerah : Tegalombo, Kluwih, Kasiyan, Gunung Gembes, Kedung Grombyang, Kebonsari dan analisis laboratorium.

Geologi

Kabupaten Pacitan secara fisiografis termasuk dalam wilayah Lajur Pegunungan Selatan. Batuan yang menyusun lajur Pegunungan Selatan Jawa Timur (Samodra, H., dkk, 1992) dari tua ke muda adalah : kelompok batuan malihan Pra Tersier dan batuan diorit Eosen, di atasnya diendapkan perselingan batuan vulkanik andesitan dan batuan sedimen berumur Oligo-Miosen, kemudian ditutupi oleh batugamping Miosen, dan akhirnya batuan-batuan tersebut sebagian ditutupi oleh batuan vulkanik Kuartar.

Batuan terobosan yang menerobos zona selatan ini diantaranya adalah tonalit, granodiorit dan diorit (Oligosen), batuan granodiorit dan diorit (Miosen), dan batuan andesit dan dasit (Mio-Pliosen).

Adapun litostratigrafi yang menyusun daerah Pacitan terdiri dari 3 (tiga) formasi yaitu Formasi Arjosari (sedimen), Formasi Mandalika (vulkanik Oligo-Miosen) dan Formasi Watupatok, yang ketiganya saling menjemari.

Struktur Geologi

Kawasan daerah Jawa Timur merupakan ujung bagian tenggara dari keratan Kraton Sunda yang berbatuan dasar kompleks melange Kapur – Tersier. Pola struktur regional berupa sesar mendatar berarah Baratdaya-Timurlaut, pola ini membentuk zona kekar yang erat kaitannya dengan mineralisasi yang biasanya terbentuk.

Adapun pola Struktur daerah Pacitan yaitu : sesar mendatar kiri pola Baratdaya-Timurlaut (Sesar Grindulu), pola Barat-Timur dan pola Baratlaut-Tenggara di Selatan.

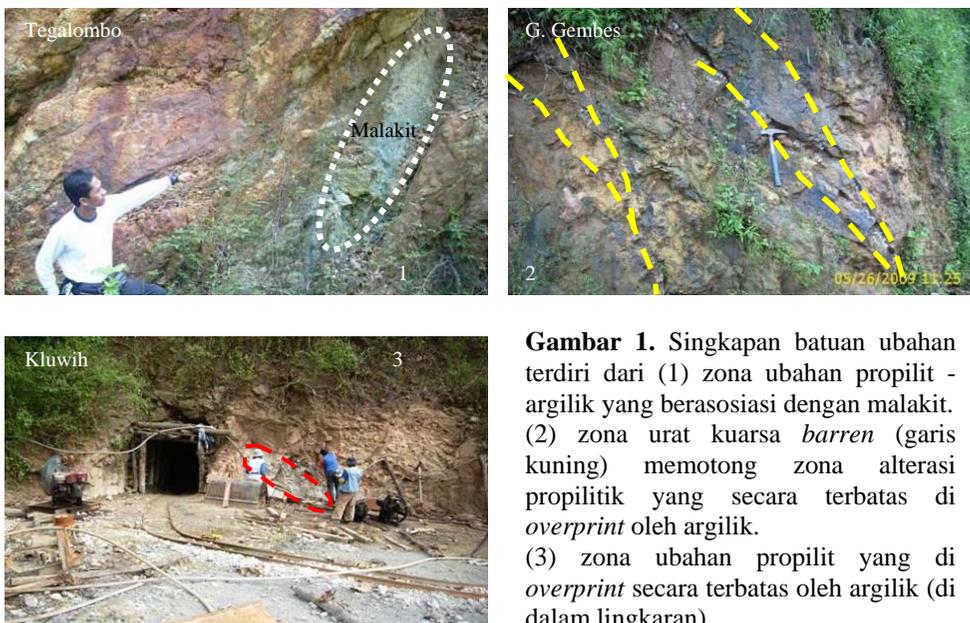
Gaya utama berarah Utara-Selatan mengangkat Formasi Andesit Tua pada Miosen Tengah bersamaan sesar mendatar, perlipatan, serta rekahan- rekahan yang kemudian terisi oleh retas andesit, dasit, dan urat kuarsa. Pengurangan energi kompresi mengakibatkan sesar-sesar normal pada arah yang sama dengan berkembangnya sesar tarik dan sesar ekstensi. Pada Pliosen-Plistosen terjadi lagi kegiatan tektonik yang mengakibatkan terjadinya *tilting* ke arah selatan pada formasi batuan yang ada. Kehadiran tubuh-tubuh intrusi Miosen Tengah menyebabkan adanya re-orientasi gaya yang semula berarah Utara-Selatan menjadi Timurlaut-Baratdaya dan memberikan pola struktur pada arah tersebut. Dapat disebutkan bahwa struktur sesar berarah Baratlaut-Tenggara dan Timurlaut-Baratdaya berkembang di bagian selatan daerah Pacitan. Sesar tersebut diduga berhubungan dengan aktivitas magmatik dan mengontrol penyebaran

mineralisasi logam mulia dan logam dasar di Daerah Pacitan dan sekitarnya. Gejala pensesaran menyerupai pola huruf ‘V’ (Lemigas, dalam Wamilta, G. E., 1998) dan diperkirakan merupakan bagian dari sistem sesar yang dalam (“*deep seated fault*”).

Batuan Alterasi

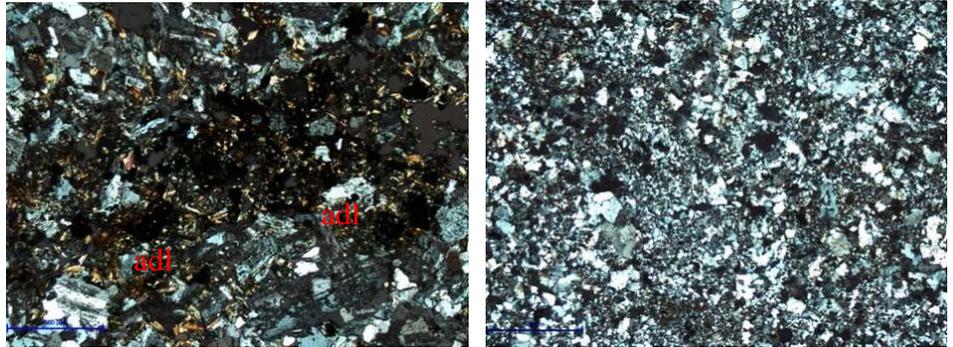
Zona ubahan ditandai dengan hadirnya mineral sekunder seperti silika, klorit, serisit, epidot, kalsit dan argilik. Berdasarkan perbedaan karakternya di lapangan dan asosiasi kumpulan mineral ubahannya, dapat diidentifikasi beberapa tipe ubahan yang ada yaitu tipe argilik, tipe propilitik, dan tipe silisifikasi. Ubahan yang ada di daerah Pacitan didominasi oleh tipe argilik, dan tipe propilitik, adapun tipe silisifikasi merupakan zona zona terbatas di dalam tipe argilik maupun propilitik. Pada umumnya, sekuen yang teramati di lapangan memperlihatkan urutan dari zona urat kuarsa ke arah luar adalah : kuarsa ±sulfida, argilik, propilit. Urat kuarsa tipis kadang terlihat memotong argilik dan propilit. Didalam argilik dan propilit kadang juga dijumpai zona silikaasi lokal. Begitu juga kadang didapatkan urat urat argilik memotong zona propilit dan urat kuarsa.

Hal ini menunjukkan bahwa proses alterasi di daerah Pacitan mengalami *overprint* dengan adanya jejak-jejak propilitik dan silisifikasi yang tergantikan oleh argilik. Secara sederhana dapat di perkirakan bahwa alterasi yang pertama kali adalah propilit bersamaan dengan pembentukan urat kuarsa, kemudian di *overprint* oleh argilik (Gambar 1). Fasa berikutnya, urat-urat kuarsa memotong zona ubahan dan urat yang ada sebelumnya.

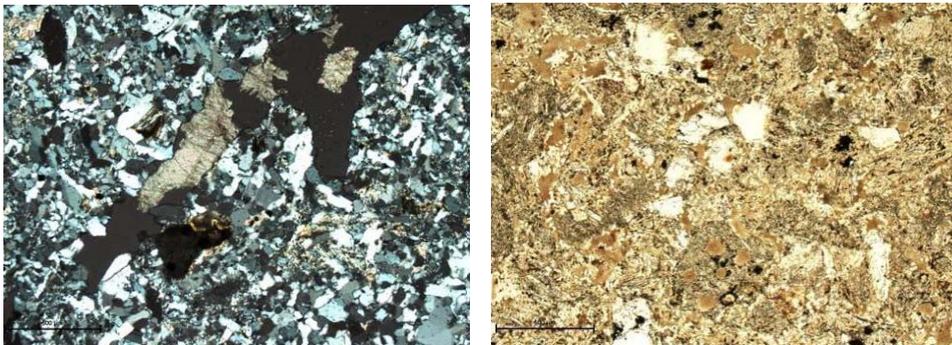


Gambar 1. Singkapan batuan ubahan terdiri dari (1) zona ubahan propilit - argilik yang berasosiasi dengan malakit. (2) zona urat kuarsa *barren* (garis kuning) memotong zona alterasi propilitik yang secara terbatas di *overprint* oleh argilik. (3) zona ubahan propilit yang di *overprint* secara terbatas oleh argilik (di dalam lingkaran)

Beberapa sayatan tipis dari daerah Kluwih, Kasiyan dan Tegalombo kadang dijumpai mineral adularia (Gambar 2 dan Gambar 3) dalam urat kuarsa yang memotong zona propilit, dan sedikit berbaur dalam zona propilitik. Secara sederhana, zonasi batuan ubahan di daerah Pacitan ditampilkan dalam Tabel 1 di bawah ini.



Gambar 2. Fotomikrografi batuan ubahan propilit mengandung mineral adularia (adi) berukuran halus (kiri) dan silikasi di dalam zona propilit (kanan)



Gambar 3. Fotomikrografi sayatan tipis batuan ubahan silikasi yang diterobos oleh urat kalsit (kiri) dan ubahan argilik (kanan)

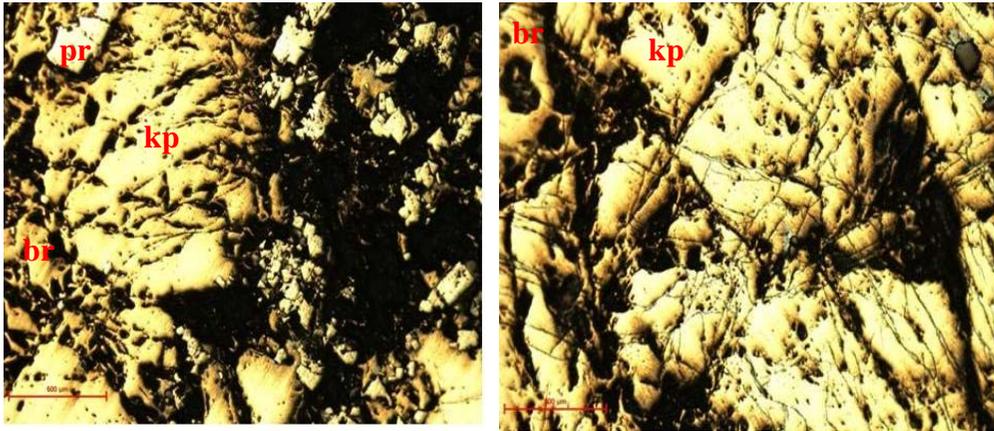
Tabel 1. Zonasi batuan ubahan di daerah Pacitan berdasarkan pengamatan di lapangan dan analisis petrografi di laboratorium

Daerah	potasik	propilitik	argilik	silisifikasi
Kluwih	v	v	v	v
Kasiyan	v	v	v	v
Tegalombo	v	v	v	v
G. Gembes		v	v	v
Kebonsari		v	v	v

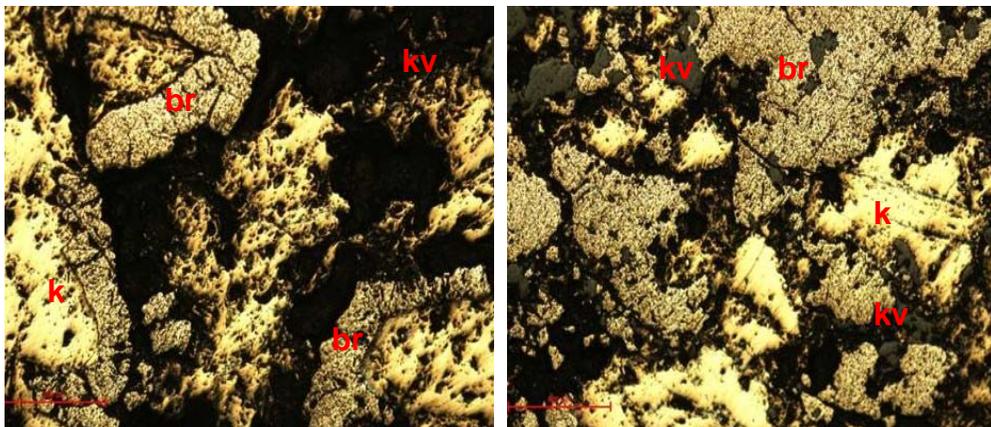
Mineralisasi

Mineralisasi yang terbentuk di daerah Pacitan umumnya terdapat pada zona urat kuarsa, dan terdiseminasi di dalam zona batuan ubahan yang dekat dengan zona urat kuarsa. Pada beberapa lokasi yang biasanya berdekatan dengan zona urat kuarsa, dijumpai urat-urat kuarsa halus yang saling berpotongan, yang kadang-kadang berasosiasi dengan keterdapatannya mineral logam sulfida. Proporsi mineral sulfida logam di daerah Pacitan yang diamati di bawah mikroskop refleksi dari beberapa sampel ditampilkan dalam Tabel 2 berikut ini.

Di daerah bagian Selatan Tenggara (Kasiyan, Tulakan dan Kluwih) mineralisasi yang terbentuk adalah logam sulfida kalkopirit, bornit, pirit sfalerit. Kadang dijumpai kelompok oksida hidroksida: malakit, azurite dan kovelit (Gambar 4 dan Gambar 5).



Gambar 4. Fotomikrografi sayatan poles bijih yang memperlihatkan pembentukan bornit (br) kalkopirit (kp) pirit (pr) dari daerah Kasiyan



Gambar 5. Fotomikrografi sayatan poles bijih yang memperlihatkan pembentukan kalkopirit (kp), bornit (br), kovelit (kv) dari daerah Kluwih

Daerah Tengah (Tegalombo) mineralisasi yang terbentuk adalah logam sulfida kalkopirit, pirit, sfalerit dengan presentasi yang kurang dibanding daerah bagian Selatan Tenggara.

Daerah Utara Baratlaut (Kebonwaru, Nawangan, Gunung Gembes) mineralisasi yang terbentuk adalah pirit, sedikit kalkopirit, sfalerit dalam ukuran yang relatif halus < 1 mm. Di daerah Utara baratlaut ini, mineralisasi logam dasar tidak begitu berkembang, namun ada penambangan emas yang dilakukan oleh rakyat di beberapa lokasi (Kebonsari, Barat Gunung Gembes dan Nawangan).

Tabel 2. Komposisi mineral bijih di daerah Pacitan berdasarkan analisis mineragrafi

Daerah	Kalkopirit CuFeS ₂	Pirit FeS ₂	Sfalerit (Zn,Fe)S	Bornit Cu ₅ FeS ₄	Galena PbS	Azurit (Zn,Fe)S	Kovelit CuS	Malakit CuS
Kluwih	35	10	5	30	5	10	5	5
Kasiyan	35	15	5	25	5	10	5	5
Tegalombo	20	55	5	5	4	3	3	5
G.Gembes	40	50	5	-	5	-	-	-
Kebonsari	15	75	5	-	5	-	-	-

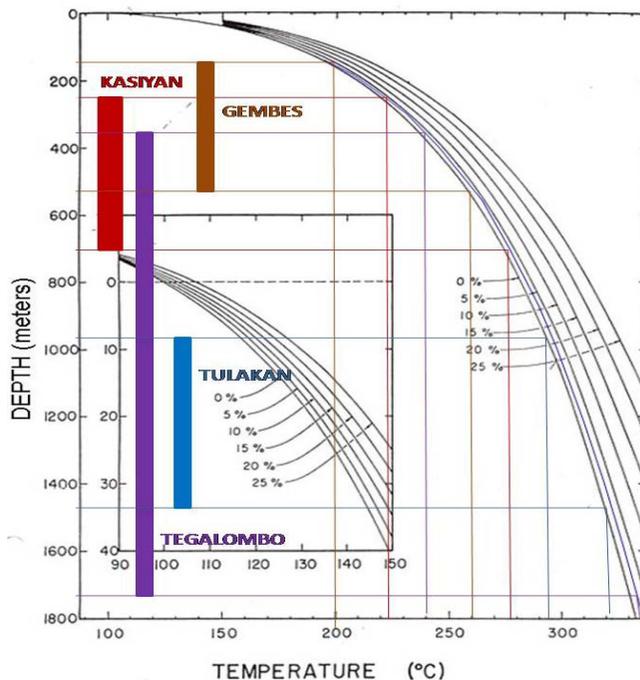
Mikrotermometri Inklusi fluida

Pengamatan inklusi fluida daerah Kasiyan menunjukkan kehadiran inklusi fluida multifasa dari yang fasa tunggal kaya gas dan kaya uap, dua fasa dan inklusi padatan. Gejala demikian mengindikasikan suasana pendidihan fluida atau disebut sebagai zona pendidihan atau *boiling zone*. Untuk daerah Tegalombo (Setiawan I, 2008) : Th 242 ~ 352 °C, Tm -0,1 ~ -4,5 °C, dan salinitas 0,3 ~ 8,1 % wt NaCl eq. Dari daerah Tulakan (Senjaya, dkk, 2007) : Th 330~293°C , tekanan 125~76 bar , dan salinitas 3.7~5.7 wt% NaCl, kedalaman pembentukan 970 – 1764 m.

Data pengukuran dan hasil pengeplotan kedalaman dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 6.

Tabel 3. Beberapa mikrotermometri inklusi fluida sampel dari daerah Pacitan, berikut interpretasi kedalaman dan zone mineralisasi

Daerah	Tm, °C	Th, °C	NaCl, %wt	Kedalaman, m	Zone
Tulakan	x	330 ~ 293	3,7 ~ 5,7	970 – 1764	<i>base metal horizon</i>
Kasiyan	-1,6 ~ -9,8	233,8 ~ 279,7	2,8 ~ 17,5	225 ~ 700	<i>Precious metal ~ base metal horizon</i>
Tegalombo	-0,1 ~ -4,5	242 ~ 352	0,3 ~ 8,1	375 ~ 1200	<i>Precious metal ~ base metal horizon</i>
G.Gembes	x	200 ~ 269		150 ~ 550	<i>Precious metal ~ base metal horizon</i>
Kebonsari	x	x	x	x	x



Gambar 6. Plotting Th pada kurva Haas 1971, memperlihatkan kedalaman mineralisasi di: Kasiyan (250~700m), Tegalombo (350 ~ 1750 m), Tulakan (975 ~ 1475 m) dan G.Gembes (175 ~550 m)

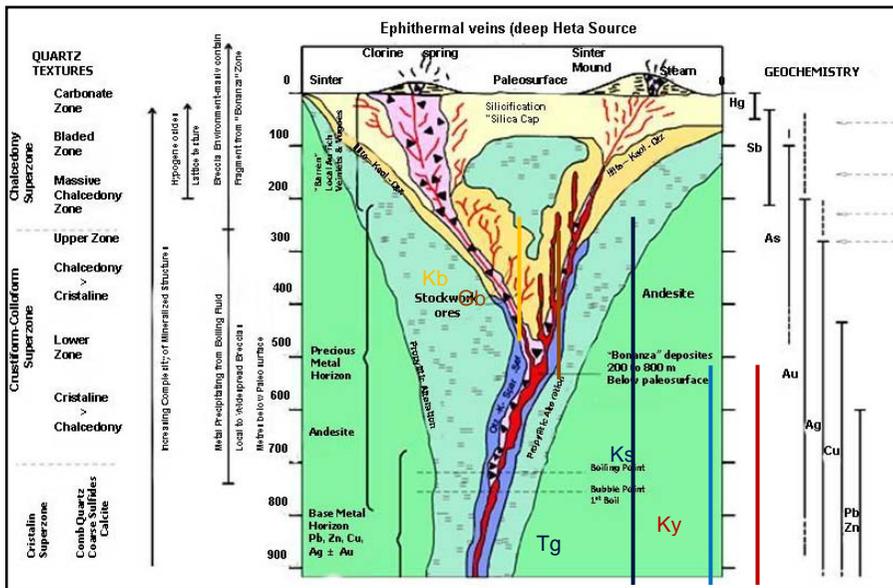
Dari Tabel 3 di atas, nilai Th berkisar dari 200⁰C hingga 352⁰C, yang dalam sistem hidrotermal masuk dalam sistem epitermal ~ mesotermal (Lindgren, 1933).

ANALISIS DAN DISKUSI

Mineral bijih yang terdapat di daerah Selatan Tenggara (Kasiyan, Kluwih, Tulakan) yaitu kelompok sulfida : pirit, kalkopirit, sfalerit, kovelit, bornit dan kalkosit; dan kelompok hidroksida: malakit. Fenomena ini merupakan zona mineralisasi endapan logam dasar yang kaya Cu zona *base metal horizon* (Buchanan, 1982). Sementara di daerah bagian Utara Baratlaut (Kebonsari, Nawangan dan G Gembes), asosiasi pirit kalkopirit mengandung emas, diperkirakan terbentuk pada "*Precious metal horizon*" (Buchanan, 1982).

Dari pengamatan petrografi dan mineragrafi serta pengukuran mikrotermometri inklusi fluida, dapat diperkirakan bahwa zona mineralisasi berada pada zona "*base metal horizon*" hingga bagian atas dari "*precious metal horizon*" (Buchanan, 1982).

Di beberapa posisi berada pada zona pendidihan "*boiling zone*" yang ditandai oleh zona oksidasi berstruktur pori dan kehadiran inklusi fluida dari berbagai type dan fasa secara bersamaan. "*Base metal horizon*" ditandai oleh hadirnya mineral bijih yaitu pirit, kalkopirit, sfalerit, kovelit, bornit, malakit dan kalkosit dan Th di atas 300⁰C.



Gambar 7. Ploting kandungan logam dari asosiasi mineral dan kedalaman pembentukan pada model kompilasi Buchanan (1982), dapat diperkirakan zona pembentukan mineralisasi : terbentuk zona *base metal horizon* (Kasiyan (Ky), Kluwih(Kl) dan pada zona *precious metal horizon* (Nawangan (Nw), Kebonsari(Kb), Gembes(Gb).

Sistem hidrotermal yang berperan di daerah Pacitan dan sekitarnya mulai system epitermal hingga mesotermal. Atau mulai kedalaman *base metal horizon* hingga *precious metal horizon*.

Bagian SelatanTenggara (Kluwih dan Kasiyan) didominasi oleh base metal (Cu, Pb Zn) sedangkan di bagian Utara Baratlaut (Nawangan, Gunung Gembes dan Kebonwar) base metal relatif menurun tetapi kadar emas relatif meningkat dengan bukti penambangan emas oleh rakyat kebanyakan di daerah Utara baratlaut.

Erosi permukaan mengikis “*paleosurface*” yang menyebabkan tersingkapnya zona ubahan dan mineralisasi yang semula berada di kedalaman bumi. Erosi di daerah selatan tenggara relatif lebih intensif sehingga menyingkap zona logam dasar, sedangkan di sebelah Utara baratlaut erosi masih menyingkakan zona atas.

KESIMPULAN

Wilayah Pacitan memiliki indikasi mineralisasi emas dan logam dasar dan logam mulia. Pembentukan mineralisasi hidrotermal berawal dari ubahan propilitik pada batuan sampling yang berasosiasi dengan pembentukkan mineral sulfida logam dasar pada celah dan sedikit menyebar pada zona batuan sampling. Sejalan dengan penurunan suhu fluida hidrotermal, kemudian mengubah batuan sampling menjadi argilik dan pengendapan mineral sulfida didominasi oleh pirit berukuran halus. Di daerah Selatan Tenggara erosi telah menyingkap endapan logam dasar, sedangkan di daerah Utara Baratlaut erosi baru menyingkap zona logam mulia. Dengan demikian, untuk mendapatkan endapan logam dasar yang relatif dekat permukaan adalah daerah

daerah Selatan tenggara, sedangkan untuk memperoleh logam mulia, peluang dapat di temukan di Daerah Utara baratlaut.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih yang sebesar besarnya Penulis ucapkan kepada Kepala Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI dan Panitia Pemaparan hasil Penelitian 2009 sehingga tulisan yang sederhana ini dapat disusun ke dalam bentuk tulisan (untuk prosiding). Terimakasih kepada Kuswandi dan Jakah yang telah membantu membuat preparasi sayatan tipis, poles bijih dan poles rangkap inklusi fluida dan semua fihak yang telah membantu sehingga tulisan ini selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Buchanan, L.J. 1982 in Hedenquist, J.W., 1998. *Hydrothermal Systems in Volcanic Arcs: Origin of and Exploration for Epithermal Gold Deposits*. Lecture note of short course in Bandung. 141p.
- Hass, J.L., 1971, *The Effect of Salinity on the Maximum Thermal Gradient of a Hydrothermal System at Hydrostatic Pressure*. Economic Geology, 66. p. 940-946.
- Lindgren, W., 1933, *Mineral Deposits*, McGraw-Hill., New York chapter X, XIV, XXIV, Fourth edition.
- Samodra, H., S. Gafoer and S.Tjokrosoepoetro, 1992, *Geologic Map of Pacitan Quadrangle, Java, scale 1: 100000*. Geological Research and Development Center, Bandung.
- Sendjaja, P. Wahyono, 2007, *Mineralisasi logam dasar Epitermal-Mesotermal di daerah Tulakan, Kabupaten Pacitan Jawa Timur*, Publikasi Khusus, ISSN: 1852-873X , No. 33/ Vol. 2.
- Setiawan, I. 2008. Thesis : *Mineralisasi Hidrotermal di Daerah Pacitan dan Sekitarnya, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur*. Institut Teknologi Bandung.
- Widodo, W., Atok Sukandar Prapto dan Iwan Nursahan. 2006. Artikel : *Inventarisasi dan Evaluasi Mineral Logam di Pegunungan Selatan Jawa Timur (Kabupaten Pacitan, dll), Jawa Timur* : Sub Dit. Mineral Logam.
- W. Kartawa, S. Bronto, A. Koswara DAN T. Hardjono, 2005, *Mineralisasi Tembaga, Timbal, dan Seng di Daerah Kecamatan Tulakan, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Jl. Diponegoro 57 Bandung 40122, Tlp. 022 – 7203205, <http://www.tekmira.esdm.go.id/publikasi/?p=228>.