

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 MICROTHERMOMETRY OF FLUID
INCLUSION*

Sudarsono dan I. Setiawan

Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, Jln Sangkuriang, Bandung 40135

Telpon : 022 2503654 Fax : 022 2504593

Email : sudarsono@geotek.lipi.go.id

S a r i

Penyelidikan dilakukan di daerah Kluwih dan sekitarnya, Kecamatan Tulakan, Kabupaten Pacitan Provinsi Jawa Timur. Di daerah ini ditemukan indikasi mineralisasi logam hidrotermal berupa batuan ubahan, urat-urat kuarsa dan mineralisasi sulfida logam. Batuan ubahan yang berkembang adalah propilit, argilit, dan silisifikasi. Urat kuarsa berarah utara timurlaut – selatan baratdaya, utara baratlaut – selatan tenggara, dan barat-timur. Pengendapan mineralisasi terjadi paling tidak ada 6 fasa, yaitu : 1. Fasa pra mineralisasi bijih, mengendapan kuarsa (320°C), 2. Fasa pengendapan kuarsa + pirit (290°C), 3. Fasa pengendapan kuarsa + pirit + kalkopirit + bornit ± galena ± sfalerit (260°C), 4. Fasa pengendapan kuarsa + pirit + kalkopirit + tetrahedrit + bornit ± galena (220°C), 5. Fasa pengendapan kuarsa + pirit (200°C), dan 6. Fasa supergen, mengendapkan mineral tembaga sekunder (kovelit, malakit, azurit) <100°C. Berdasarkan asosiasi mineral ubahan dan asosiasi urat bijih, dan mikrotermometri inklusi fluida, sistem hidrotermal yang berperan di daerah ini adalah sistem epitermal sulfidasi rendah, pada zona "base metal horizon" hingga *precious metal horizon*. Pembentukan mineralisasi hidrotermal bermula dari ubahan propilit pada batuan sampling, disertai pengendapan kuarsa dan mineral-mineral sulfida pada celah dan batuan sampling. Seiring dengan perjalanan waktu, temperatur fluida menurun dan mengubah sebagian batuan sampling menjadi argilit dan pengendapan mineral-mineral pirit berukuran halus.

Kata kunci : mineralisasi, hidrotermal, sulfida logam, Pacitan

Abstract

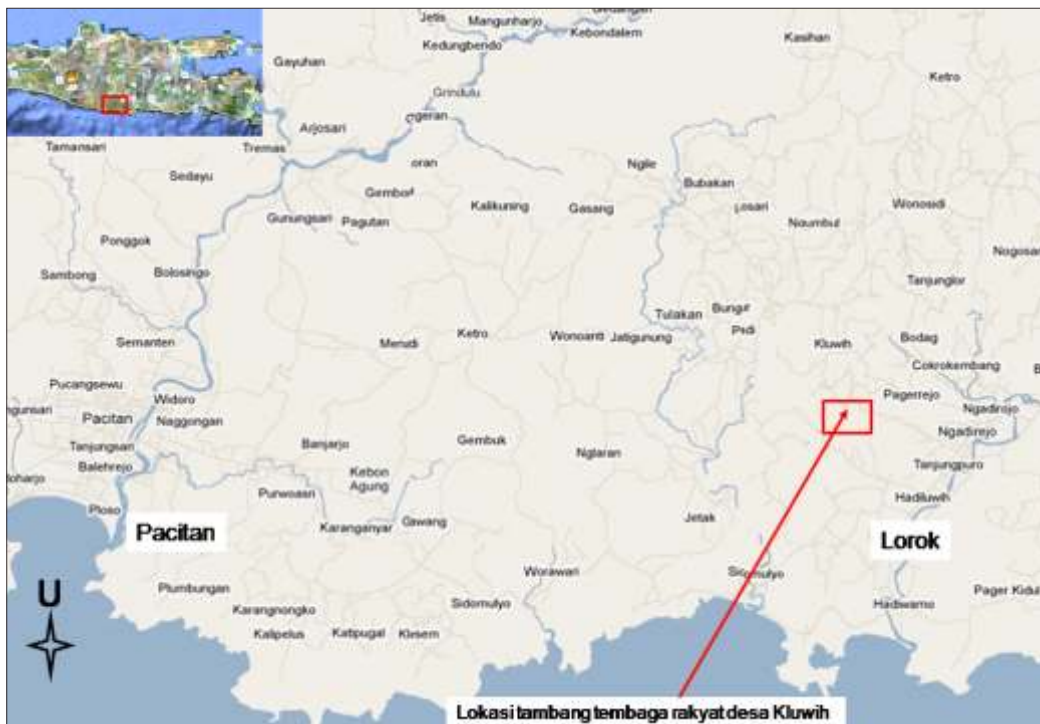
Hydrothermal activity in Kluwih, Tulakan Pacitan area East Java indicated by rock alteration zone, sulphide mineralization, and quartz vein NNE-SSW, NNW-SSE trend. Mineralization deposited at least in 6 stages, yaitu : 1st stage, pre mineralization deposited quartz (320°C), 2nd stage, deposited quartz + pyrite (290°C), 3rd stage, deposited quartz + pyrite + chalcopyrite + bornite ± galena ± sphalerite (260°C), 4th stage, deposited quartz + pyrite + chalcopyrite + Tetrahedrite + bornite ± galena (220°C), 5th stage, deposited quartz + pyrite (200°C), and 6th stage or supergen stage, deposited secondary mineral (covellite, malachite, azurite) <100 °C. The hydrothermal system was able in Kluwih Pacitan and surrounding area interpreted as epithermal low sulphidation system, or base metal horizon to precious metal horizon. Hydrothermal process initially by propilitic alteration and deposited of sulphides and quartz vein, then argillic alteration overprint both. Finally, surface erosion outcropped those deposits at surface.

Key words : hydrothermal, mineralization, sulphide ore, Pacitan

Pendahuluan

Penelitian ini dilakukan di tambang tembaga rakyat Desa Kluwih, Kecamatan Tulakan Kabupaten Pacitan, Jawa Timur (gambar 1). Posisi geografi di mulut terowongan : E 111,3033° / S 8,2017°. Daerah ini

merupakan bagian dari Pegunungan Selatan Pulau Jawa. 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



Gambar 1 : Lokasi Pengambilan sample di dalam terowongan tambang tembaga rakyat Desa Kluwih Kecamatan Tulakan, Kabupaten Pacitan, Provinsi Jawa Timur. Berjarak kurang lebih 60 km dari kota Pacitan melalui jalan aspal jurusan Pacitan - Lorok.

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, dr. (2006), Sendjaja dan Wahyono, (2007), Setiawan (2006), Kartawa, dr. (2005). Sudarsono, dr (2009).

Rumusan masalah

Walaupun telah ditemukan adanya mineralisasi hidrotermal di Daerah Kluwih Pacitan ini, namun belum diketahui secara jelas paragenesa dan fasa hidrotermal yang berperan dalam proses pengendapan mineral di daerah ini.

Tujuan

Tulisan ini bertujuan mendapatkan gambaran yang jelas mengenai sistem hidrotermal yang berperan

dan paragenesa mineral bijih di Daerah Kluwih Kecamatan Tulakan Kabupaten Pacitan Jawa Timur.

Metodologi

Kerangka pemikiran

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 bergerak keatas mencari kesetimbangan tekanan. Dalam perjalanannya, larutan akan berinteraksi dengan media yang dilaluinya. Interaksi dapat berupa transfer panas, pelarutan, pengubahan mineral yang dilaluinya, dan atau mengendapkan kandungannya. Kondisi lingkungan fisika dan kimia mempengaruhi hasil interaksinya, baik ubahan batuan maupun mineral bijih yang diendapkan. Pengendapan mineral logam pada dasarnya terjadi ketika fluida hidrotermal yang membawa unsur logam yang cukup pada kondisi fisika-kimia yang sesuai dengan kondisi pengendapan mineral logam.

Dengan menganalisis petrografi karakter batuan

ubahan, mineragrafi mineral bijih, dan pengukuran mikrotermometri inklusi fluida, diharapkan dapat mengetahui paragenesa dan sistem hidrotermal yang berperan dalam proses pengendapan mineral di daerah ini.

Metodologi pengumpulan data

Untuk dapat mengungkap paragenesa mineralisasi logam hidrotermal di daerah Kluwih Pacitan, dilakukan pendekatan dengan cara telaah data sekunder, pengamatan geologi lapangan dan analisis laboratorium. Pengambilan sampel dilakukan secara random mewakili kelompok batuan ubahan, mineral bijih sulfida dan urat kuarsa.

Analisis petrografi, mineragrafi dan pengukuran mikrotermometri inklusi fluida dilakukan di Laboratorium mineral optik Puslit Geoteknologi LIPI. Pengamatan petrografi batuan ubahan dan urat dilakukan dengan mikroskop polarisasi, pengamatan mineragrafi dilakukan dengan mikroskop refleksi, pengukuran termometri inklusi fluida dilakukan di bawah mikroskop dengan alat buatan LINKAM tipe THMS 600.

Data Hasil Penelitian

Geologi :

Kabupaten Pacitan secara fisiografis termasuk dalam wilayah Lajur Pegunungan Selatan. Batuan yang menyusun lajur pegunungan Selatan Jawa Timur dari tua ke muda adalah (Samodra., drr, 1992) : kelompok batuan malihan Pra Tersier dan batuan Diorite Eosen, di atasnya diendapkan perselingan batuan vulkanik bersifat 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 adalah tonalit, granodiorit dan diorite (Oligosen), batuan granodiorit dan diorite (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 Jawa Timur merupakan bagian dari ujung Tenggara keratan Kraton Sunda yang batuan

dasarnya adalah kompleks melange berumur Kapur – Tersier. Pola struktur regional berupa sesar mendatar berarah baratdaya-timurlaut. Pola ini membentuk zona kekar yang erat kaitannya dengan mineralisasi yang terbentuk. Adapun pola struktur daerah Pacitan yaitu: pola sesar mendatar kiri, pola baratdaya-timurlaut (Sesar Grindulu), pola barat-timur. Sedangkan di bagian selatan dominan berpola baratlaut – tenggara dan timurlaut - baratdaya.

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 Plio-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. 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*).

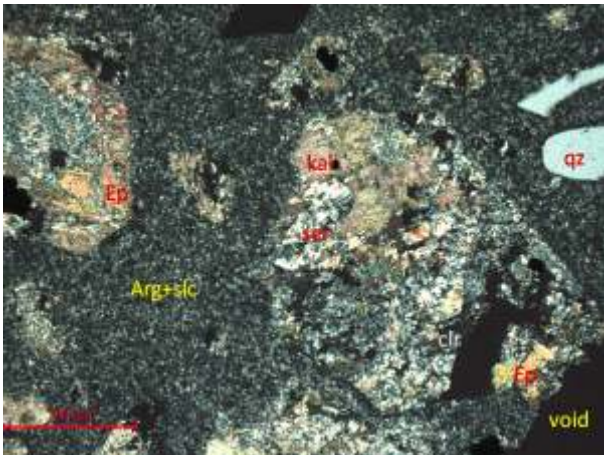
Batuan Ubahan / Alterasi

Zona ubahan ditandai oleh hadirnya mineral sekunder seperti silika, klorit, serisit, epidot, kalsit dan argilit. Berdasarkan perbedaan karakter dan asosiasi mineral ubahannya, dapat bedakan beberapa tipe ubahan, yaitu tipe argilik (argilit + mikrokuarsa), tipe propilitik (klorit + epidot + kalsit + kuarsa), dan tipe silisifikasi (dominan kuarsa ± kalsit ± adularia ± bijih) .

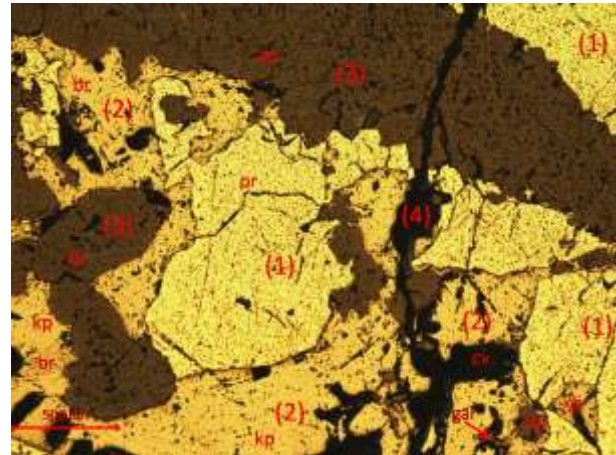
Batuan ubahan di daerah Kluwih didominasi oleh tipe propilitik dan tipe argilik. Adapun tipe silisifikasi terdapat secara terbatas di dalam zona argilik maupun zona propilitik.

Pada umumnya, sekuen yang terlihat di lapangan dari zona urat kuarsa kearah luar adalah : kuarsa ± sulfida, argilit, propilit. (gambar 2)

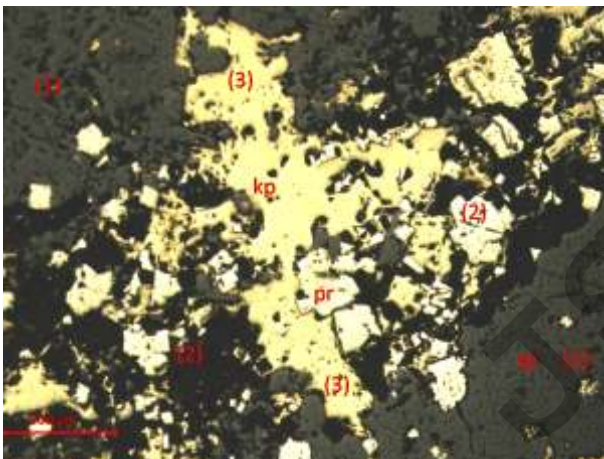
Di dalam zona propilit dan urat kuarsa kadang diterobos oleh urat - urat argilit. Dalam zona argilit kadang terdapat fragmen propilit dan kuarsa. Hal ini



Gambar 2 : Mikrografi sayatan tipis batuan contoh PCT 15a/1, fragmen batuan ubahan propilitik di dalam masadasar ubahan argilit. Ubahan propilit ditunjukkan oleh asosiasi kalsit (kal), epidot (Ep), serisit (ser) dan klorit (Clr). Adapun ubahan argilit diperlihatkan oleh asosiasi argilit dan mikro silika (arg + slc), void = rongga, kuarsa (qz).



Gambar 3 : Mikrografi poles bijih contoh PCT 15b/1 dari daerah Kluwih. Asosiasi (1) dipotong oleh kelompok (2), asosiasi (1) dan (2) dipotong oleh asosiasi (3), asosiasi (1) (2) dan (3) ketiganya dipotong oleh asosiasi (4). Asosiasi (1) : kuarsa + pirit, asosiasi (2): pirit + kalkopirit + bornit ± galena ± sfalerit, asosiasi (3) : kuarsa pirit + kalkopirit, asosiasi 4: kuarsa ± kovelit. Bornit (br), kalkopirit (kp), pirit (pr), kovelit (cv) kuarsa (qz).



Gambar 4 : Mikrografi poles bijih contoh PCT 15b/3 dari daerah Kluwih. Asosiasi 1 (kuarsa pirit) dipotong oleh asosiasi 2 (kuarsa, pirit, kalkopirit, bornit, galena), keduanya dipotong oleh asosiasi 3 (kuarsa pirit kalkopirit). kalkopirit (kp), pirit (pr), kuarsa (qz).

menunjukkan bahwa proses alterasi di daerah Pacitan mengalami overprint oleh argilit. dengan adanya jejak-jejak propilitik dan silisifikasi di dalam argilik.

Secara sederhana dapat di perkirakan bahwa alterasi dimulai dari perubahan propilit bersamaan dengan pengendapan urat kuarsa dengan atau tanpa pengendapan mineral bijih sulfida. Fasa berikutnya, urat-urat kuarsa memotong zona ubahan dan urat yang terbentuk sebelumnya, kemudian akhirnya di overprint oleh argilit.

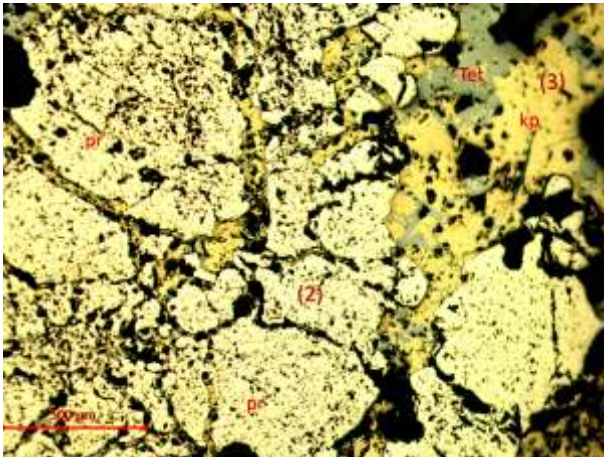
Mineralisasi

Mineralisasi sulfida logam yang terbentuk di daerah Kluwih Pacitan bertipe zona urat, berasosiasi dengan kuarsa, sebagian menyebar tidak merata di dalam zona batuan ubahan. Dibeberapa lokasi yang berdekatan dengan zona urat kuarsa, dijumpai secara terbatas urat-urat kuarsa yang saling memotong atau bertipe *stockwork*, kadang mengandung sulfida.

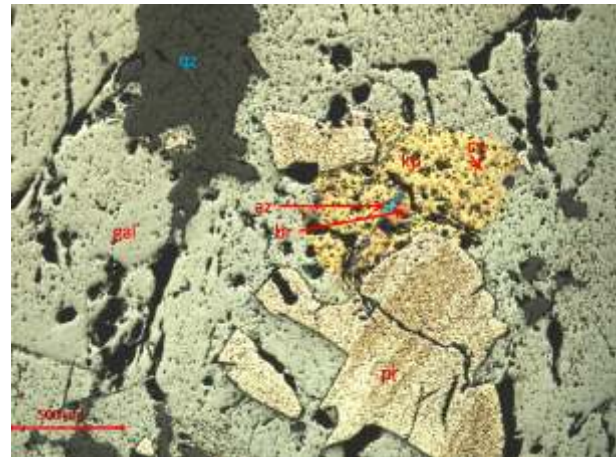
Mineralisasi sulfida logam yang terbentuk adalah : pirit, kalkopirit, bornit, tetrahedrit, galena dan sfalerit. Kadang dijumpai kelompok mineral sekunder hasil pengendapan supergen seperti : kovelit, malakit, dan azurite (gambar 3 – 7).

Pirit. Mineral pirit adalah yang paling banyak dijumpai, baik dalam urat kuarsa maupun dalam batuan ubahan, berukuran sangat halus hingga kasar, berkrystal subhedral-euhedral, kubus. Mineral pirit dijumpai di hampir semua tahapan pengendapan, baik terdapat secara menyendiri, atau tumbuh bersama kalkopirit atau galena.

Kalkopirit. Mineral kalkopirit adalah terbanyak kedua setelah pirit, terdapat dalam urat kuarsa, berkrystal subhedral-anhedral, sebagian masiv, berukuran halus hingga 1cm lebih, sebagian tumbuh bersama pirit, bornit, galena dan tetrahedrit. Kadang berubah menjadi azurite atau malakit, kadang diterobos urat kovelit.



Gambar 5 : Mikrografi poles bijih conto PCT 15b/2 dari daerah Kluwih. Asosiasi 2 (pirit+kalkopirit) dipotong oleh asosiasi 2 (kalkopirit+tetrahedrit±galena).kalkopirit (kp), pirit (pr), tetrahedrit (tet).



Gambar 6 : Mikrografi poles bijih conto PCT 15b/4 dari daerah Kluwih. Pertumbuhan bersama antara galena pirit dan kalkopirit. Kuarsa (qz), bornit (br) kalkopirit (kp), pirit (pr), kovelit (cv), galena (gal), azurit (az).

Tetrahedrite, Mineral tetrahedrit agak banyak dijumpai, anhedral masiv, tumbuh bersama dengan kalkopirit dan kadang galena (gambar 5)

Galena, agak jarang dijumpai, subhedral-anhedral, berukuran halus - kasar, kadang tumbuh bersama kalkopirit dan tetrahedrit.

Bornit, mineral ini jarang dijumpai, selalu bersama kalkopirit dalam bentuk jejak jejak sisa dalam kalkopirit.

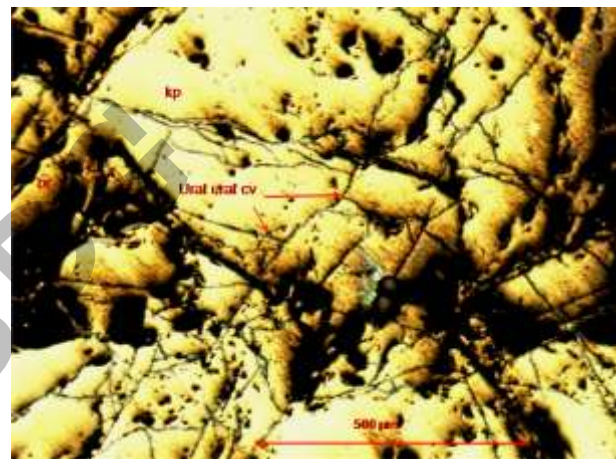
Sfalerit, mineral yang paling jarang dijumpai, berbentuk subhedral – anhedral.

Kovelit, malakit dan azurit, kelompok mineral sekunder ini jarang dijumpai, berbentuk anhedral masiv, hasil ubahan dari bornit atau kalkopirit. Kovelit kadang dijumpai sebagai urat didalam Kristal kalkopirit (Gambar 7)

Berdasarkan pengamatan hubungan antar asosiasi mineral bijih yang saling memotong, terdapat paling tidak ada 5 asosiasi pengendapan mineral bijih (4 fasa hidrotermal dan 1 fasa supergen), yaitu :

1. Kuarsa + pirit.
2. Kuarsa + pirit + Kalkopirit + Bornit ± Galena ± sfalerit.
3. Kuarsa + pirit + Kalkopirit + Tetrahedrit + Bornit ± Galena.
4. Kuarsa ± pirit.
5. Kovelit ± malakit ± azurit.

Dari lima fasa pembentukan mineral bijih, paling dominan adalah pirit, disusul kalkopirit dan tetrahedrit, adapun galena, bornit, sfalerit, kovelit,

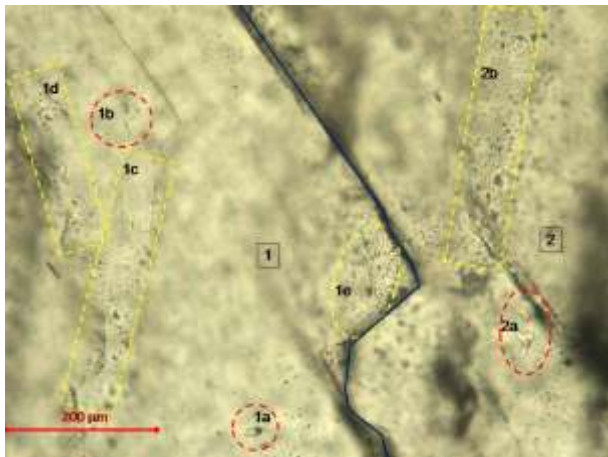


Gambar 7 : Mikrografi poles bijih conto PCT 15b/4 dari daerah Kluwih. Urat kovelit memotong kalkopirit secara teranyam. kp (kalkopirit), cv (kovelit), bintik hitam adalah pengotoran oleh sisa pasta intan bahan pemoles.

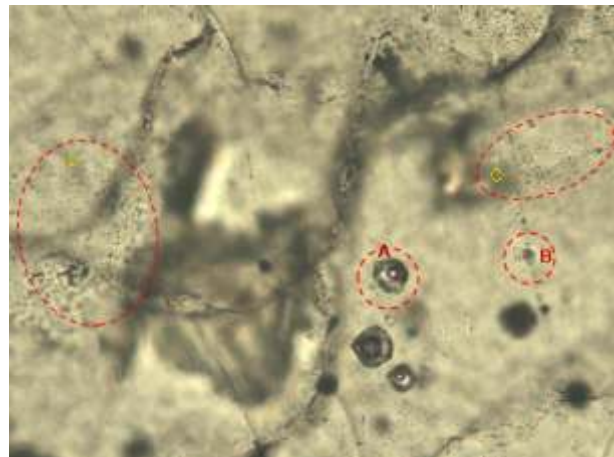
malakit dan azurit terdapat dalam jumlah yang sangat sedikit.

Mikrotermometri Inklusi fluida

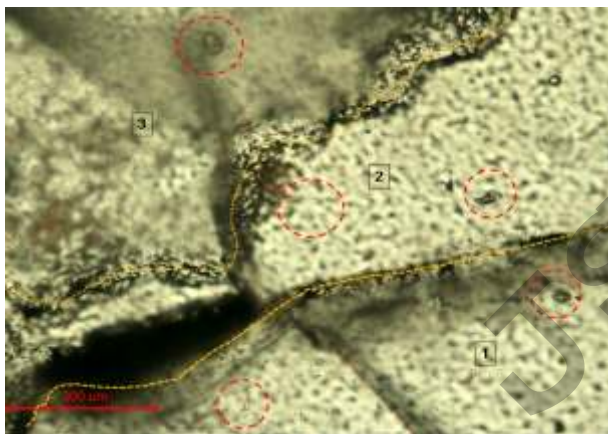
Inklusi fluida terkandung di dalam kristal urat kuarsa. Terdapat dalam berbagai tipe, bentuk dan genenasi (gambar 8, 9 dan 10). Pengukuran mikrotermometri inklusi fluida hanya dilakukan pada tipe dua fasa yang berbentuk subhedral - euhedral negative Kristal, Adapun tipe fasa tunggal dan bentuk anhedral necking tidak layak diukur. Hasil pengukuran mikrotermometri inklusi fluida terhadap sampel dari Tulakan adalah Th 200~320 °C, Tm -1,6 ~ -0,4 °C (gambar 11),



Gambar 8 : Mikrografi inklusi fluida contoh PCT 15 c /1 dari daerah Kluwih. A inklusi fluida pada restit kristal kuarsa, detritus dari host kristal generasi terdahulu. B inklusi fluida terisolir, dikategorikan sebagai inklusi pseudo primer pada fasa host kristal yang mengandungnya. C kelompok inklusi fluida sekunder fasa tunggal kaya air indikasi terjebak pada temperatur sangat rendah.



Gambar 10 : Mikrografi inklusi fluida contoh PCT 15c/3 dari daerah Kluwih, kuarsa generasi (1) dipotong kuarsa generasi (2), kuarsa generasi (2) dipotong kuarsa generasi (3). Dalam lingkaran merah adalah bentuk inklusi dua fasa subhedral, tipe dan bentuk inklusi fluida yang baik dan layak diukur mikrotermometri.

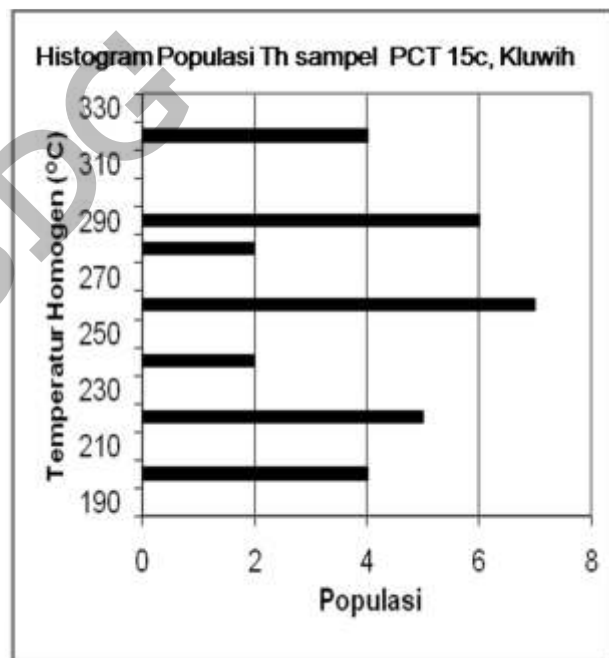


Gambar 9 : Mikrografi inklusi fluida contoh PCT 15c/2 dari daerah Kluwih, kuarsa generasi 1 dipotong kuarsa generasi 2. (1a) inklusi terisolir, (1b) dan (2a) bentuk necking, (1c) (1d) (1e) dan (2b) kelompok inklusi sekunder multifasa indikator zona pendidihan.

salinitas dihitung dengan formula Roedder (1984) menghasilkan kadar NaCl 1,0 ~2,9 wt% eq.

Dibawah mikroskop, di beberapa bagian dalam sediaan sayatan poles ganda terlihat adanya sekumpulan inklusi fluida dari berbagai tipe, yaitu fasa tunggal kaya gas, fasa tunggal kaya air dan dua fasa, gejala ini mencirikan zona pendidihan (boiling zone).

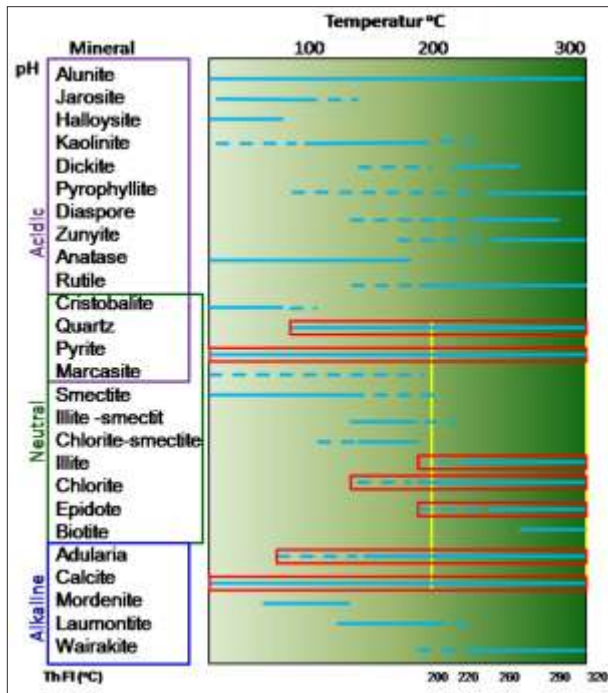
Pengeplotan Th pada kurva Haas (1971) mengindikasikan kedalaman pembentukan mineralisasi pada kedalaman mulai 1450 m hingga 150 m di bawah permukaan (dengan asumsi bahwa sistem terbuka hingga permukaan).



Gambar 11 : histogram Populasi Th sampel PCT 15c dari Kluwih. Memperlihatkan Th pembentukan mineralisasi di Daerah Kluwih Tulakan mulai suhu 320 hingga 200 °C, dengan mode Th pada suhu 290 °C (6 point), 260 °C (7 point), 220 °C (5 point) dan 200 °C (4 point).

Pembahasan

Pengeplotan ketersediaan mineral-mineral ubahan pada diagram stabilitas mineral Hedenquist, et.al, (1995) mencerminkan larutan hidrotermal bersifat netral agak alkalis (gambar 12).



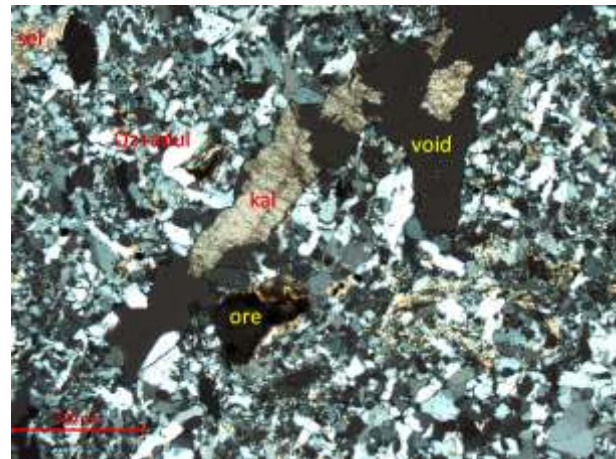
Gambar 12, Plotting mineral ubahan pada diagram stabilitas mineral (white & Hedenquist, 1995) menunjukkan bahwa sebaran mineral ubahan daerah Kluwih berada pada kelompok asal larutan yang bersifat netral (garis kuning)

Dalam sayatan tipis, dijumpai asosiasi kuarsa + adularia + kalsit + bijih (gambar 13). Gejala ini menunjukkan terjadi pada sistem epitermal sulfidasi rendah (Hedenquist., dr, 1995). Hal ini didukung oleh kehadiran gejala pendidihan *boiling zone* yang ditandai oleh zona oksidasi berstruktur pori dan kehadiran inklusi fluida dari berbagai type dan fasa secara bersamaan.

Terdapat paling tidak empat asosiasi mineral sulfida, mengindikasikan mineralisasi bijih berlangsung secara berulang dalam kondisi yang berbeda, hal ini sesuai dengan hasil pengukuran Th inklusi fluida yang memperlihatkan beberapa mode Th, dan paling tidak telah terjadi empat kali aktifitas hidrotermal yang menghasilkan mineralisasi sulfida logam.

Pengeplotan mineral bijih dalam diagram sekuen paragenesa Putz (2009) dikompilasi dengan Th inklusi fluida (gambar 14), dapat diinterpretasikan terdapat paling tidak ada 6 fasa pengendapan mineral yang terbagi dalam satu fasa pra mineralisasi, 4 fasa pengendapan hidrotermal dan satu fasa supergen, yaitu:

1. Fasa pre mineralisasi, hanya pengendapan kuarsa dalam celah (320°C),
2. Fasa pengendapan kuarsa + pirit (290°C),



Gambar 13 : Mikrografi sayatan tipis batuan contoh PCT 15a/2, urat asosiasi kuarsa adularia kalsit mengandung bijih sulfida. Kal = kalsit, qz = kuarsa, adul = adularia, ore = mineral bijih, ser + serisit, void = rongga. Indikasi terbentuk pada sistim epitermal sulfidasi rendah.

3. Fasa pengendapan Kuarsa + pirit + Kalkopirit + Bornit ± Galena ± sfalerit (260°C),
4. Fasa pengendapan Kuarsa + pirit + Kalkopirit + Tetrahedrit + Bornit ± Galena (220°C),
5. Fasa pengendapan kuarsa + pirit (200°C)
6. Fasa Supergen, pengendapan mineral sekunder (kovelit, malakit, azurit) < 100°C.

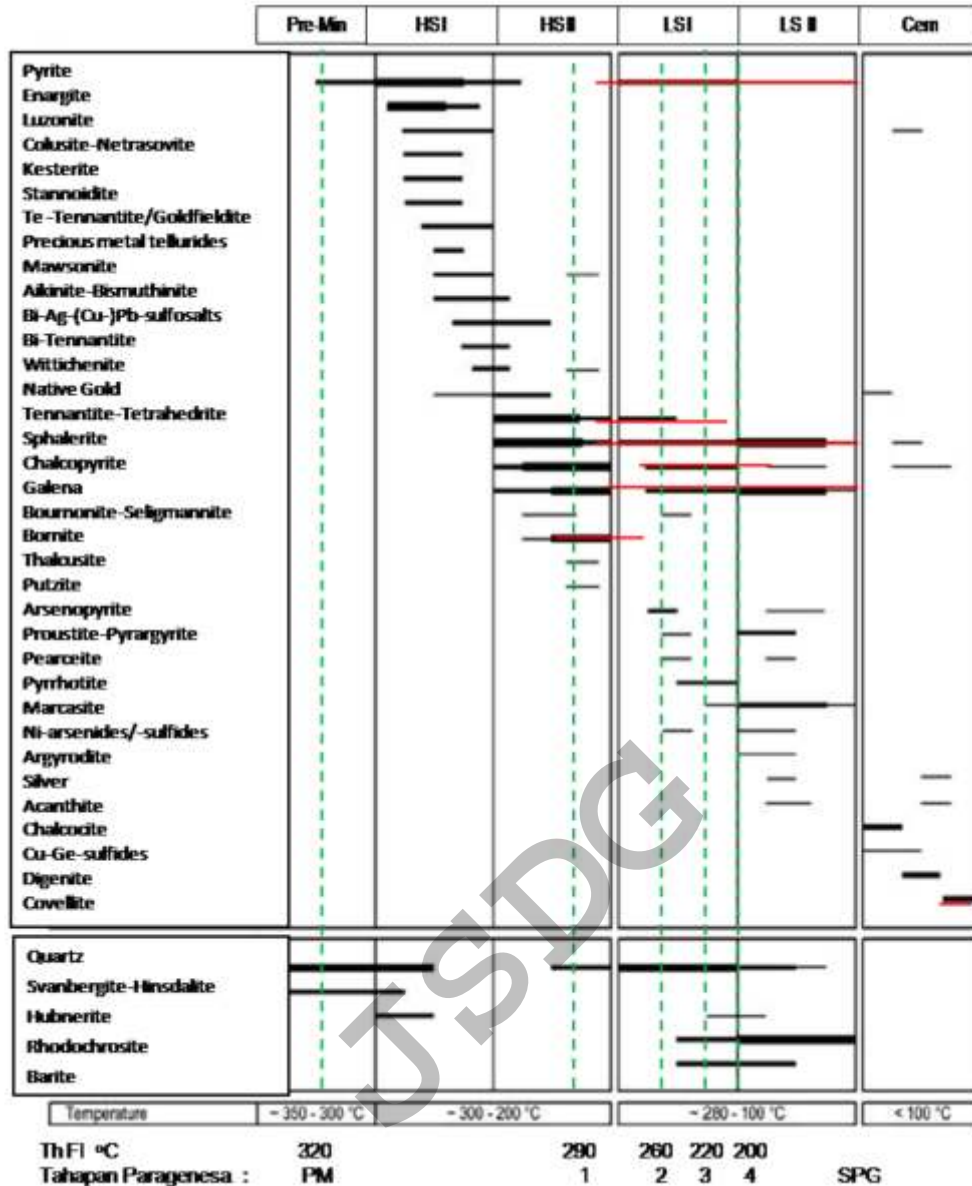
Mineral bijih yang terdapat di daerah Kluwih, yaitu : pirit, kalkopirit, bornit, tetrahedrit, galena, dan sfalerit merupakan kelompok logam dasar (Base metal yang kaya Cu), dalam model Buchanan (1984, dalam Hedenquist 1998) termasuk dalam zona base metal horizon hingga precious metal horizon.

Kesimpulan

Dari data dan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa system hidrotermal terbentuk pada system bukaan (urat), fluida bersifat netral, pada lingkungan sulfidasi rendah dengan minimal empat tahapan pengendapan mineral bijih sulfida hidrotermal.

Mineral sulfida logam yang relatif melimpah adalah pirit dan kalkopirit, maka unsur logam yang berpotensi adalah besi dan tembaga.

Pembentukan mineralisasi hidrotermal bermula dari ubahan propilit pada batuan samping yang disertai pengendapan mineral-mineral sulfida logam pada



Gambar 14 : Pengeplotan sebaran mineral bijih dari Daerah Kluwih pada tabel sekuen paragenesa Putz (2009), bila dikompilasi dengan Th inklusi fluida maka dapat diinterpretasikan bahwa terdapat 6 fasa pembentukan mineral (1 fasa pra mineralisasi, 4 fasa hidrotermal dan 1 fasa supergen) yaitu : 1. pra mineralisasi (PM, 320°C), 2. fasa mineralisasi ke1 (290°C), 3.fasa mineralisasi ke2 (260°C), 4.fasa mineralisasi ke3 (220°C), 5. Fasa mineralisasi ke4 (200°C), dan 5. Fasa supergen (SPG, < 100°C).

celah dan sedikit menyebar pada zona batuan samping.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar besarnya kepada : Dr. Iskandar Zulkarnain, Kepala Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI yang telah memberi ijin dan kesempatan kepada penulis dan tim untuk melakukan penelitian di Daerah Pacitan dan sekitarnya pada tahun

2009; kepada Ir. Sri Indarto, Ahmad Fauzi Ismayanto, kelompok penelitian mineralisasi hidrotermal atas diskusinya; kepada Jakah dan Kuswandi teknisi laboratorim asah batuan atas bantuannya membuat preparasi sayatan tipis batuan, poles bijih dan poles ganda inklusi fluida; dan kepada semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu atas bantuannya baik berupa informasi, publikasi dan barang jasa lainnya sehingga tulisan ini dapat diselesaikan.

Daftar Pustaka

- 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.
- 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
- Kartawa, W., Bronto, S., Koswara A., dan Hardjono, T., 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>.
- Putz, H., Paar W.H., and Topa, D., 2009, *A contribution to the knowledge of the mineralization at mina Capillitas, Catamarca*. Department of Materials Engineering and Physics (Division of Mineralogy), University of Salzburg, Austria, http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-48222009000300015
- Samodra, H., S. Gafoer and S. Tjokrosapoetro, 1992, *Geological 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. *Mineralisasi Hidrotermal di Daerah Pacitan dan Sekitarnya, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur*. Thesis, Institut Teknologi Bandung.
- Sudarsono, Indarto, S., Setiawan, I., Fauzi, A., dan Listyowati, 2009, *Model Genesa Mineralisasi Hidrotermal Daerah Pacitan, Jawa Timur, Prosiding Pemaparan Hasil Penelitian Puslit Geoteknologi Bandung*, 3 Desember 2009, ISBN : 978-979-8636-16-5
- Wamilta, G. E. 1998. *Geologi dan Geokimia Batuan Terobosan Daerah Gunung Lima dan Sekitarnya, Kecamatan Kebonagung, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur*. Skripsi Tugas Akhir, Institut Teknologi Bandung.
- White, N.C. and Hedenquist, J.W., 1995, *Epithermal Gold Deposits : Styles, Characteristics And Exploration*. Published in SEG Newsletter, 1995, No. 23, pp. 1, 9-13.
- Widodo, W., Prapto, AS., dan Nursahan, I., 2006. Artikel : *Inventarisasi dan Evaluasi Mineral Logam di Pegunungan Selatan Jawa Timur, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur* : Sub Dit. Mineral Logam.