

Mineralisasi pada batuan induk batugamping di daerah Lepadi, Dompu, Nusa Tenggara Barat

DANNY ZULKIFLI HERMAN

Badan Geologi, Jl. Diponegoro 57, Bandung

SARI

Daerah Lepadi yang terletak di Kabupaten Dompu, Nusa Tenggara Barat, ditempati oleh satuan batugamping yang terdiri atas batugamping dan batugamping pasiran, serta batupasir yang kadang-kadang ditemukan berupa lensa-lensa di dalam satuan-satuan batupasir tufan dan breksi tuf.

Indikasi mineralisasi logam diperlihatkan oleh kehadiran urat-urat kuarsa yang mengandung bijih sulfida logam dasar dan menembus batuan induk batugamping bioklastika. Gejala ubahan *pervasive* berupa klorit-kalsit-muskovit/serisit-kuarsa dan kaolinit/haloisit, dengan urat-urat terdiri atas kuarsa tipis (berukuran milimeter – maksimal 2,0 cm) bertekstur masif dan berukuran sangat tebal ($\pm 3,2$ m) bertekstur *vuggy*. Jenis urat pertama mengandung mineral-mineral bijih yang terdiri atas galena, sfalerit, kalkopirit, pirit, dan oksida besi yang mengikuti arah urat; sedangkan jenis urat kedua dominan mengandung bijih galena disertai kalkopirit, kovelit, pirit, dan oksida besi yang terbentuk sebagai pengisi rongga-rongga/lubang berukuran kecil yang tersebar secara sporadis di dalam urat tersebut.

Hasil analisis mikroskopis (petrografi dan mineragrafi), infra merah (PIMA), kimiawi, dan studi inklusi fluida dari seluruh percontoh batuan terubah/mineral bijih/urat kuarsa menunjukkan bahwa proses pembentukan ubahan dan mineralisasi terjadi dalam suatu sistem mineralisasi yang melibatkan kerja fluida hidrotermal yang bersifat mendekati netral pada suhu antara 275° - 200°C. Diduga bahwa pengendapan urat-urat kuarsa beserta mineral bijih terjadi pada kedalaman antara 620 – 150 m di bawah permukaan purba (*paleosurface*). Dugaan ini berdasarkan kisaran harga salinitas fluida hidrotermal antara 1,2 hingga 2,2 *equivalent wt. % NaCl* yang terdeteksi dari inklusi fluida di dalam percontoh kristal kuarsa.

Kata kunci: batugamping bioklastika, mineralisasi, bijih sulfida logam

ABSTRACT

Lepadi area situated in the Regency of Dompu, West Nusa Tenggara, is occupied by limestone unit comprising limestone and sandy limestones; and sandstones which are occasionally found as lenses within units of tuffaceous sand and tuff breccia.

Indication of metallic mineralization is shown by the occurrence of the base metal-bearing quartz veins penetrating a host rock of limestone. A pervasive hydrothermal alteration was formed as chlorite-calcite-muskovite/sericite-quartz and kaolinite/haloysite series with veins consisting of massive quartz veinlets (millimeter to 2.0 cm maximum width) and very thick vuggy quartz veins (± 3.2 m width). The first quartz type contains ore minerals such as galena, sphalerite, chalcopyrite, pyrite and iron oxide; whilst the second type has a predominant galena content with an association of, chalcopyrite, covelite, pyrite and iron oxide which occurred as tiny vugs filling and distributed sporadically within the quartz body.

The result of studies by using microscope (petrography and mineragraphy), infra-red analysis (PIMA), chemical analysis and fluid inclusion on entirely altered rock/ore mineral/quartz vein samples reveals that the alteration and mineralization processes might occur in a mineralization system involving hydrothermal fluid of near neutral at the temperature ranging from 275° - 200°C. It brings to a suggestion that deposition of quartz veins and associated ore minerals has taken place in a depth ranging from 620 – 150 m beneath paleosurface. It is based on hydrothermal fluid's salinity ranging from 1.2 – 2.2 equivalent wt.% NaCl detected from fluid inclusion within quartz crystal samples.

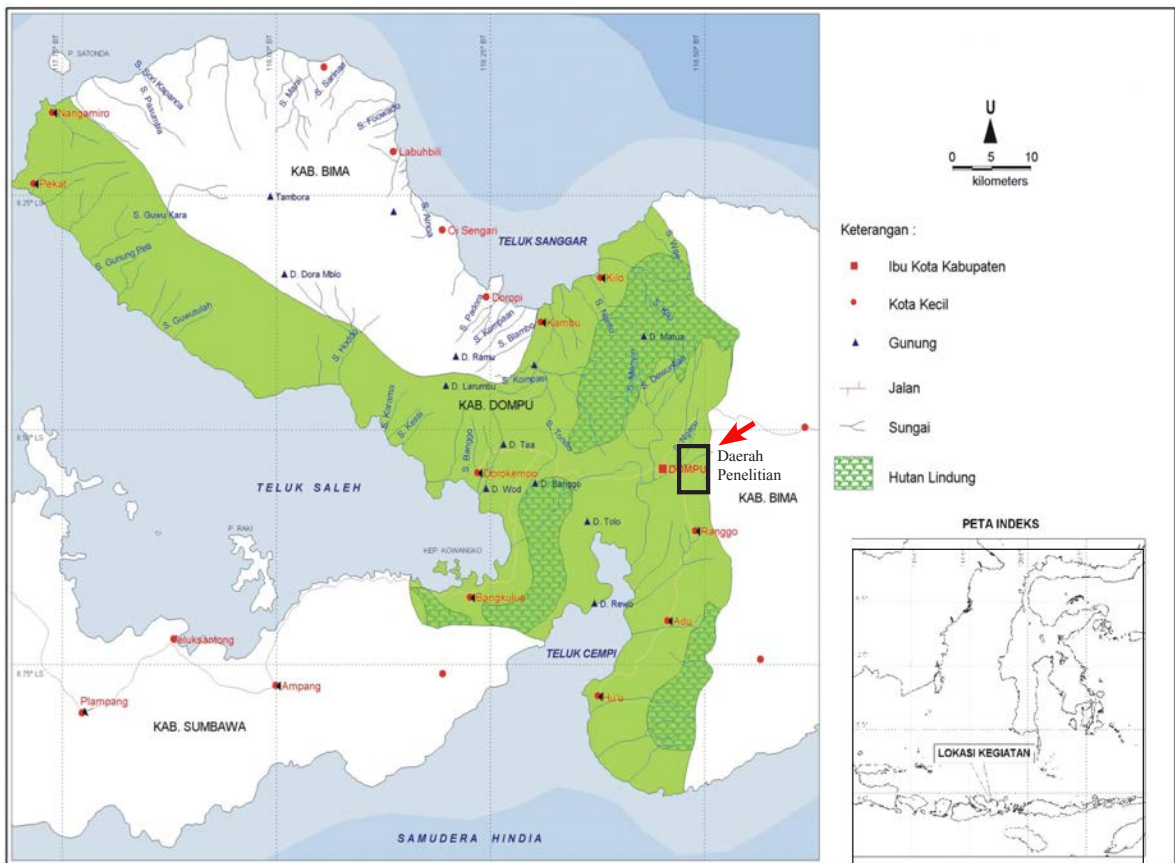
Keywords: bioclastic limestone, mineralization, metallic sulphide ore

PENDAHULUAN

Wilayah Kabupaten Dompu merupakan bagian Pulau Sumbawa dan termasuk ke dalam Busur Sunda-Banda yang diyakini memiliki potensi sebagai tempat kedudukan mineralisasi. Beberapa perusahaan swasta nasional antara lain PT. Sumbawa Timur Mining, PT. Istindo Mitra Perdana, PT. Sinar Gemilang, PT. Multi Teknindo Unggul dan PT. Prakarsa Arimbi Sejahtera telah melakukan penyelidikan atau eksplorasi terhadap daerah-daerah termineralisasi di wilayah kabupaten tersebut. Hasilnya adalah informasi tentang keterdapatan mineralisasi bahan galian logam dasar (Cu, Pb, dan Zn), logam besi dan paduan besi (Fe, Mn) serta logam mulia (Au). Kegiatan eksplorasi oleh PT. Prakarsa Arimbi Sejahtera (2007a dan b) telah mengidentifikasi daerah prospek mineralisasi logam timah hitam (Pb) di wilayah Desa Lepadi, Kecamatan Pajo (Gambar 1). Daerah prospektif ini sedang diusulkan sebagai wilayah KP eksplorasi dengan tujuan

untuk melakukan penyelidikan lebih terperinci agar diketahui kuantitas dan kualitas sumber daya bahan galian dimaksud.

Pengamatan geologi dilakukan untuk mengidentifikasi batuan induk termineralisasi, ubahan hidrotermal, dan cebakan bijih yang terbentuk; dengan melakukan pemercontohan batuan, urat kuarsa, dan mineral-mineral sulfida pembentuk jebakan bijih. Pemercontohan menggunakan cara suban (*chip sampling*) secara acak (*random*) terutama di bagian-bagian satuan batuan yang mengalami ubahan hidrotermal/termineralisasi dan urat kuarsa yang mengandung mineral-mineral bijih sulfida. Percontoh diambil dalam kondisi sesegar (*fresh*) mungkin dengan membuang bagian-bagian yang mengalami pelapukan. Cara suban menjadi pilihan karena mineral ubahan atau bijih memperlihatkan sebaran yang tidak merata. Ini dilakukan untuk memperoleh data atau informasi yang berkaitan dengan pola dispersi primer unsur yang diinginkan, ubahan hidrotermal



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian Lepadi, Dompu, Nusa Tenggara Barat.

dan zona mineralisasi agar dapat dijadikan petunjuk untuk mengidentifikasi jenis mineralisasi/jebakan bijih tertentu dan kondisi keterjadiannya di bawah permukaan purba (*paleosurface*). Metode analisis laboratorium yang digunakan sebagai penunjang penelitian antara lain:

- Analisis petrografi terhadap percontoh batuan terubah hidrotermal/termineralisasi untuk identifikasi mineral-mineral ubahan yang terbentuk.
- Analisis mineragrafi terhadap percontoh urat kuarsa terpilih yang mengandung bijih sulfida untuk identifikasi asosiasi dan paragenesis mineral-mineral bijih.
- Analisis *bulk* menggunakan alat PIMA (*Portable Infra-red Mineral Analyzer*) terhadap percontoh batuan terubah terpilih untuk mengidentifikasi mineral-mineral ubahan jenis lempung, silikat,

dan logam.

- Analisis kimia basah menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrometry/AAS* terhadap beberapa percontoh batuan terubah hidrotermal/termineralisasi untuk mendeteksi unsur-unsur Cu, Pb, Zn, Au, Ag, As, dan Sb.
- Analisis inklusi fluida terhadap percontoh terpilih kristal kuarsa di dalam urat kuarsa untuk mendeteksi suhu pembentukan kuarsa dan cebakan bijih.

Analisis yang pertama hingga ke empat dilakukan di laboratorium Pusat Sumber Daya Geologi, sedangkan yang terakhir dilaksanakan di Laboratorium Fisika Mineral, Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI-Bandung.



Gambar 2. Peta geologi Kabupaten Dompu dan sekitarnya, Nusa Tenggara Barat.

TATAAN GEOLOGI DAERAH LEPADI

Kabupaten Dompu terletak pada pusat kegiatan tektonik busur magmatik Sunda-Banda berarah barat - timur tempat bertemunya tiga lempeng tektonik besar (Hamilton, 1979). Geologi Kabupaten Dompu dicirikan oleh busur kepulauan yang dibentuk oleh batuan gunung api dan endapan sedimen laut berumur mulai dari Miosen Akhir hingga Kuartar; terdiri atas satuan breksi tuf, batugamping, batulempung tufan, satuan breksi tanah merah, satuan breksi andesit-basal, satuan lava breksi, terumbu koral terangkat, dan aluvium - endapan pantai (Sudradjat dr., 1998; Gambar 2).

Satuan breksi tuf bersifat andesit dengan sisipan tuf pasiran, tuf batuapung dan batupasir tufan; setempat mengandung lahar, lava andesit, dan basal. Breksi merupakan satuan stratigrafi tertua di wilayah Kabupaten Dompu yang berumur Miosen, setempat telah mengalami ubahan terpropilitkan, terkarsikkan dan termineralisasi serta ditembus urat kuarsa dan kalsit. Satuan breksi ini dapat dibandingkan dengan Formasi Tanahau di Lembar Ruteng (Koesoemadinata dr., 1994).

Satuan batugamping berumur Miosen Awal terdiri atas batugamping, batupasir gampingan dan rombakan batuan vulkanik gampingan (Koesoemadinata dr., 1994). Batugamping kadangkala ditemukan berupa lensa-lensa di dalam satuan-satuan batupasir tufan dan breksi tuf. Batulempung tufan terdiri atas dominan batulempung tufan bersisipan batupasir dan kerikil hasil rombakan batuan vulkanik, diendapkan secara tidak selaras di atas satuan breksi tuf. Daerah Lepadi diduga ditempati oleh satuan batugamping tersebut yang terdiri atas batugamping dan batugamping pasiran. Berdasarkan pengamatan mikroskopis, jenis batuan yang pertama bertekstur klastika, berukuran butir halus; disusun oleh rombakan fosil foraminifera bentonik (yang digantikan oleh mikrit), kuarsa dan mineral *opaque* yang tertanam dalam karbonat mikrogranular atau tersemen oleh mikrit/sparit. Sementara itu jenis kedua bertekstur klastika, berukuran butir halus (<0,2 mm), terpiilah buruk - sedang dengan butiran terorientasi; disusun oleh rombakan mineral-mineral kuarsa, felspar, klorit, mineral *opaque*, rombakan fosil foraminifera planktonik, tersemen di dalam karbonat atau mikrit. Batuan umumnya tersemen oleh

mikrit ($\geq 10 - 50\%$), sehingga kedua batugamping tersebut dapat dikategorikan sebagai batugamping biomikrit menurut klasifikasi Folk (1959, 1962). Pada bagian-bagian tertentu di daerah termineralisasi, batugamping telah mengalami ubahan hidrotermal dan ditembus urat-urat kuarsa/kalsit.

Satuan breksi tanah merah merupakan endapan breksi bersusunan andesit hasil letusan Gunung Tanah Merah yang berumur Kuartar (Sudradjat dr., 1998). Satuan breksi andesit-basal disusun oleh breksi vulkanik, lahar, tuf, abu, dan lava; diperkirakan berumur Kuartar. Satuan lava breksi terdiri atas lava breksi, lahar, tuf, dan abu vulkanik bersusunan andesit; merupakan hasil letusan masa kini dari Gunung Tambora. Sementara terumbu koral terangkat yang diperkirakan berumur Plistosen (Ratman dan Yasin, 1978) terdiri atas batugamping terumbu karang dan pecahan batugamping koral, di beberapa tempat mengandung kepingan andesit.

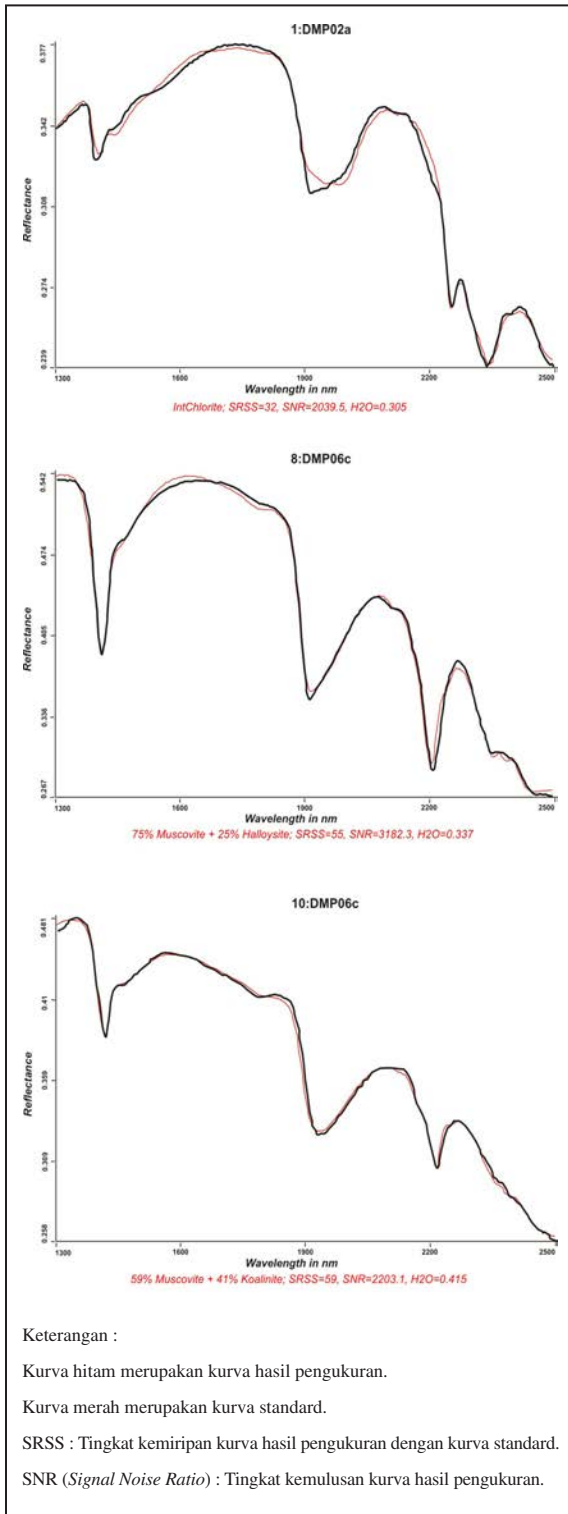
Aluvium dan endapan pantai terdiri atas sedimen lepas kerikil, pasir, lempung, lumpur dengan setempat-setempat magnetit, yang tersebar terutama di daerah-daerah pedataran sungai dan pantai, menindih satuan-satuan stratigrafi yang berumur lebih tua.

UBAHAN HIDROTERMAL DAN MINERALISASI

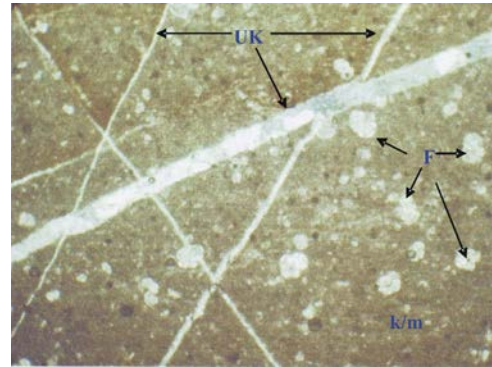
Indikasi mineralisasi di daerah Lepadi berupa urat-urat kuarsa mengandung bijih sulfida logam dasar, yang menembus batuan induk batugamping biomikrit yang menurut hasil analisis PIMA memperlihatkan gejala ubahan *pervasive* kuarsa-kalsit-klorit dan muskovit/serisit-kaolinit/haloisit (Tabel 1 dan Gambar 3). Ubahan hidrotermal tersebut umumnya terjadi di sekitar bidang sentuh urat-urat dengan batuan induk, sedangkan di bagian luarnya berupa urat-urat kalsit sebagai pengisian rekahan halus (Gambar 4) yang hanya dapat dilihat secara mikroskopis.

Tabel 1. Hasil Analisis PIMA Batuan Terubah Hidrotermal di Daerah Lepadi, Dompu, Nusa Tenggara Barat

| No. Percontoh | Susunan Mineral Ubahan |
|---------------|-------------------------------------|
| DMP-02 | Klorit |
| DMP-06c | 75% muskovit/serisit – 25% haloisit |
| DMP-06e | 59% muskovit/serisit – 41% kaolinit |

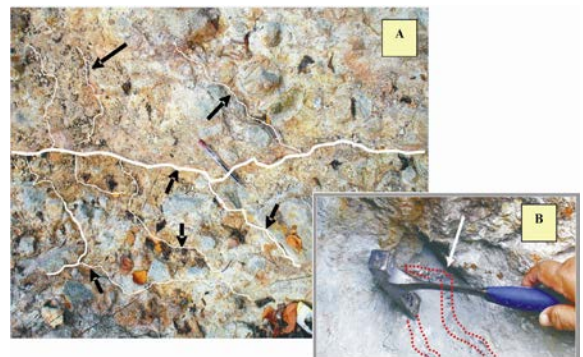


Gambar 3. Diagram susunan mineral ubahan pada percontoh batuan terubah hidrotermal dari daerah Lepadi, hasil analisis *Portable Infra-red Mineral Analyzer* (PIMA).

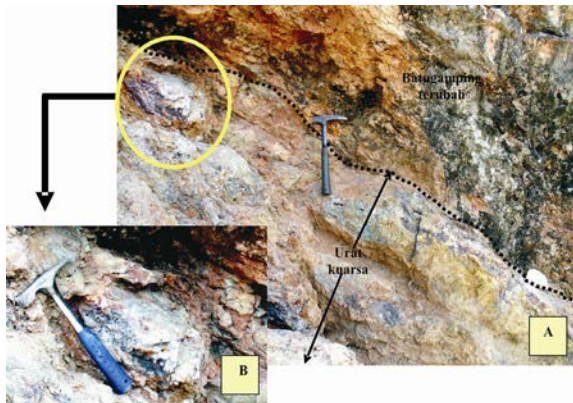


Gambar 4. Fotomikrograf batugamping bioklastika mengandung mineral ubahan kalsit berupa penyemen dan urat berukuran mikron (UK = urat kalsit; F = rombakan fosil foraminifera; k/m = massa dasar terdiri atas kalsit atau mikrit).

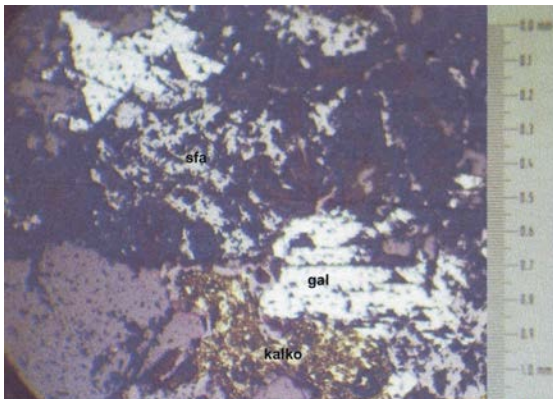
Urat-urat terdiri atas kuarsa tipis berukuran milimeter - maksimal 2,0 cm (Gambar 5) bertekstur masif dan berukuran sangat tebal ($\pm 3,2$ meter) bertekstur *vuggy*. Kerapatan rongga/lubang (*vugs*) pada tubuh urat jenis kuarsa kedua membuat penampakan urat seperti rapuh (keropos) dengan sebagian telah mengalami gejala terlimonitkan dan diduga mengandung bijih Cu dengan hadirnya mineral malakit di dalam urat kuarsa tersebut (Gambar 6). Secara mikroskopis jenis urat pertama mengandung mineral-mineral bijih yang terdiri atas galena, sfalerit, kalkopirit, pirit, dan oksida besi (Gambar 7) yang mengikuti arah urat; sedangkan jenis kedua dominan mengandung bijih galena disertai kalkopirit, kovelit, pirit, dan oksida besi yang sebagian besar terbentuk sebagai pengisian rongga-rongga/lubang pada urat kuarsa. Analisis kimia terhadap



Gambar 5. (A) Urat-urat kuarsa tipis (tanda panah) mengandung mineral bijih sulfida (galena, kalkopirit, dan sfalerit) pada batugamping bioklastika terbreksikan; (B) *Close up* bijih sulfida berasosiasi dengan urat kuarsa tipis.



Gambar 6. (A) Urat kuarsa tebal bertekstur *vuggy* yang dominan diisi mineral bijih sulfida galena berasosiasi dengan kalkopirit dan sfalerit); (B) *Close up* urat kuarsa *vuggy* menunjukkan kesan keropos dengan pengisian sulfida berupa noktah hitam. (warna hijau pada urat = malakit).



Gambar 7. Fotomikrograf mineral bijih sfalerit, galena, dan kalkopirit di dalam urat kuarsa, gal = galena, sfa = sfalerit, kalko = kalkopirit.

percontohan bijih sulfida pada urat-urat kuarsa mampu mendeteksi tingginya kandungan unsur-unsur logam Cu, Zn, dan Pb dibandingkan dengan unsur-unsur ikutannya (Tabel 2).

DISKUSI

Mengacu pada penampakan mineralisasi di daerah Lepadi berupa urat-urat mengandung bijih sulfida, maka telah terbentuk cebakan bijih sebagai pengisian bukaan batuan (*open space filling*). Kenampakan ini dapat dikategorikan sebagai jenis pengisian retakan/rekahan pada zona-zona dangkal bawah permukaan. Dalam hal ini retakan/rekahan tetap terbuka karena adanya tekanan rendah di dalam batuan sekitarnya. Hubungan terbuka antara retakan/rekahan dengan permukaan serta bebasnya sirkulasi fluida hidrotermal yang melewati zona tersebut telah menyebabkan perubahan tekanan dan suhu secara tiba-tiba, sehingga terjadi pengendapan cebakan bijih (Kutina dan Sedlackova, 1961). Sementara tekstur kuarsa *vuggy* dapat diinterpretasikan sebagai ruang/bukaan yang terbentuk karena tidak sempurnanya pengisian ruang-ruang/bukaan berukuran besar. Tidak terisinya seluruh lubang oleh mineral bijih karena pertumbuhan internal mineral-mineral bijih dan pengotor (*gangue*) pada retakan/rekahan berhenti ketika bersentuhan dengan batuan samping.

Ubahan hidrotermal diartikan sebagai perubahan fisika dan kimia susunan mineralogi suatu batuan yang disebabkan oleh kerja fluida hidrotermal. Kenampakan ubahan hidrotermal dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya adalah jenis batuan induk, karakter fluida hidrotermal (di antaranya pH, susunan kimiawi) yang melaluinya, serta suhu dan tekanan di tempat terjadinya reaksi fluida dengan batuan induk. Mineral-mineral ubahan yang terbentuk merupakan bagian dari hasil proses mineralisasi suatu cebakan bijih, maka keterjadian cebakan bijih dapat terungkap melalui studi tentang larutan, transportasi dan pengendapan mineral-mineral ubahan, hingga pembentukan cebakan bijih.

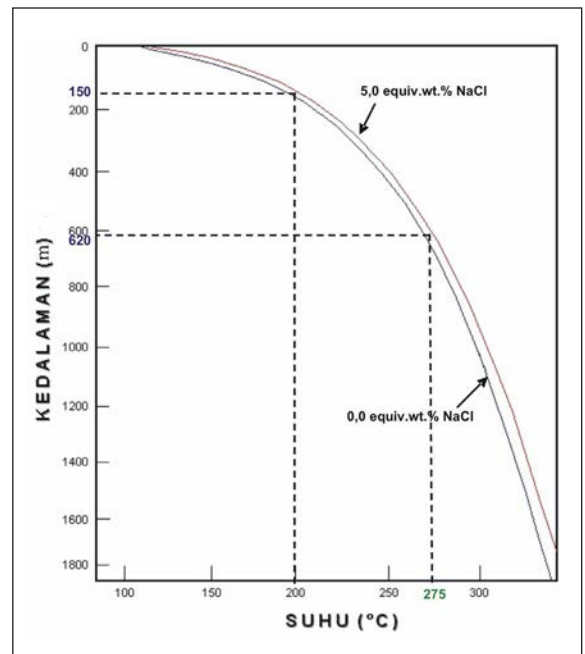
Tabel 2. Kandungan Unsur Pb, Zn, Cu, Au, Ag, As, Sb, dan Hg dalam Urat Kuarsa

| Nomor Percontohan | Nama Unsur | | | | | | | |
|-------------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Pb (ppm) | Zn (ppm) | Cu (ppm) | Au (ppb) | Ag (ppm) | As (ppm) | Sb (ppm) | Hg (ppb) |
| DMP-01 | 1471 | 158900 | 10340 | 15 | 5 | 5 | <2 | 692 |
| DMP-02 | 595 | 3250 | 294 | 5 | 3 | 36 | <2 | -- |
| DMP-04 | 2227 | 1188 | 5380 | 33 | 7 | 24 | 2 | 85 |
| DMP-05 | 4303 | 11350 | 21250 | 48 | 7 | 24 | 3 | 194 |

Ubahan *pervasive* kuarsa-klorit-muskovit diduga mempunyai keterkaitan dengan susunan kimia fluida hidrotermal tertentu yang menyebabkan ubahan dan mineralisasi pada kedalaman bawah permukaan. Apabila muskovit dianalogikan sebagai serisit, maka asosiasi klorit-muskovit/serisit bersama kalsit-kuarsa merupakan ubahan yang dihasilkan oleh reaksi fluida hidrotermal ber-pH mendekati netral dengan batuan induk. Proses tersebut diduga terjadi pada suhu mencapai 260°C (Chen, 1970; Hayashi, 1973). Hal ini menunjukkan hubungan erat dengan kisaran suhu homogenisasi (*homogenization temperatures/Th*) antara 200° hingga 275°C yang terdeteksi dari hasil rekaman analisis inklusi fluida dalam percontoh kristal kuarsa (Tabel 3; Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, 2007). Lebih dominannya kuantitas ubahan kalsit (sebagai penyemen dan urat-urat halus) di dalam asosiasi ubahan mencerminkan kuatnya pengaruh jenis batuan induk (karbonatan/batugamping bioklastika) dalam pembentukan ubahan hidrotermal. Sementara kaolinit atau haloisit diperkirakan merupakan mineral ubahan hasil reaksi fluida hidrotermal bersifat asam (pH 3 – 5) dengan batuan induk pada suhu <120°C (Browne, 1993), dan mengindikasikan telah terjadi tumpang tindih (*overprinting*) terhadap hasil ubahan terdahulu tetapi setelah episode mineralisasi.

Seluruh inklusi fluida kemungkinan terbentuk selama pertumbuhan kristal kuarsa dan kondisi sistem hidrotermalnya digambarkan oleh suhu homogenisasi serta pembekuan. Oleh karena mengandung cairan dengan aneka ragam sifat salinitas, maka susunan kimia inklusi fluida dapat diidentifikasi berdasarkan suhu pembekuannya. Hasil pengukuran suhu pembekuan (*freezing temperatures/Tm*) kristal-kristal kuarsa pada urat kuarsa menunjukkan kisaran antara – 0,7 hingga – 1,2°C. Penentuan salinitas mengacu kepada asumsi bahwa fluida tersebut terutama disusun oleh Na⁺ dan Cl⁻ dalam kaitannya dengan *equivalent wt.% NaCl* (Potter dr., 1978). Terdeteksi bahwa harga salinitas fluida berada pada kisaran 1,2 – 2,2 *equivalent wt.% NaCl*. Suhu pembentukan inklusi fluida pada kedalaman bawah permukaan sangat erat

hubungannya dengan suhu pendidihan dan tekanan hidrostatika (Haas, 1971). Dengan demikian, dapat diasumsikan bahwa sistem hidrotermal terbentuk di bagian atas zona pendidihan pada kedalaman antara 620 hingga 150 m di bawah permukaan purba (Gambar 8). Mengacu kepada kisaran suhu homogenisasi antara 200° hingga 275°C, maka dapat diperkirakan bahwa proses pembentukan cebakan bijih di daerah ini terjadi pada zona yang masih termasuk ke dalam suatu sistem mineralisasi epitermal. Keberadaan mineral-mineral kalkopirit, sfalerit, dan galena dalam urat kuarsa memperkuat dugaan bahwa fluida hidrotermal bersusunan kimiawi dominan kandungan unsur-unsur Cu, Zn, dan Pb berperan penting dalam pembentukan cebakan bijih di daerah Lepadi. Hal ini ditunjukkan oleh kandungan logam Cu, Zn, dan Pb yang bernilai signifikan dibandingkan asosiasi unsur lainnya.



Gambar 8. Diagram hubungan suhu dan kedalaman terjadinya proses mineralisasi di daerah Lepadi, Dompu, Nusa Tenggara Barat (mengacu kepada Haas, 1971).

Tabel 3. Hasil Pengukuran Mikrotermometri Inklusi Fluida Percontoh Kristal Kuarsa di daerah Lepadi, Dompu, Nusa Tenggara Barat (Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, 2007)

| No. Percontoh | T _m (°C) | Th (°C) | Mode Th (°C) | Equivalent wt.% NaCl |
|---------------|---------------------|--------------|---------------|----------------------|
| DMP-03 | - 1,10 s.d. - 0,80 | 175 s.d. 285 | 230, 240, 275 | 1,40 s.d. 2,00 |
| DMP-06 | - 1,20 s.d. - 0,70 | 175 s.d. 250 | 200, 215, 230 | 1,20 s.d. 2,20 |

KESIMPULAN

Pembentukan cebakan bijih logam di daerah Lepadi diduga terjadi pada suatu zona kedalaman antara 150 hingga 620 m di bawah permukaan purba (*paleosurface*) yang masih merupakan bagian dari sistem mineralisasi epitermal, pada kisaran suhu 200° hingga 275°C. Mineral bijih utama terdiri atas kalkopirit, sfalerit, dan galena; diduga berkaitan erat dengan peran fluida hidrotermal bersusunan kimia kaya kandungan logam dasar Cu, Zn, dan Pb.

Ucapan Terima Kasih—Penghargaan yang tinggi disampaikan kepada rekan seprofesi Bambang Nugroho Widi yang telah berperan dalam merekomendasikan pentingnya analisis inklusi fluida dalam mengungkap keterjadian mineralisasi di daerah penelitian. Terima kasih kepada Sdr. Rohmana dan Yuman Pertamina yang secara sukarela menyediakan waktu dalam kontribusi penyempurnaan gambar untuk karya tulis ini.

ACUAN

- Browne, P.R.L., 1993. Hydrothermal alteration and geothermal systems, *unpublished 86.102 Geology course outline*, Dept. Geology, University of Auckland, 68h.
- Chen, C.H., 1970. Geology and geothermal power potential of the Tatan volcanic region. Dalam: Barnes, H.L. (ed.) 1979, *Geochemistry of hydrothermal deposits*, 2nd edition, John Willey and Sons, New York, h.632-683.
- Folk, R.L., 1959. Practical petrographical classification of limestone. *American Association of Petroleum Geologists, Bulletin*. 43 (1), h.1-38, 41 Figs., Tulsa. Dalam: Flügel, E.E. (ed.) 1982, *Microfacies Analysis of Limestones*, Springer-Verslag, Berlin-Heidelberg-New York, 588h.
- _____, 1962. Spectral subdivision of limestone types, *American Association of Petroleum Geologists, Memoir*, 1, h.62-84, Pl.1., 7 Figs., Tulsa. Dalam: Flügel, E.E. (ed.) 1982, *Microfacies Analysis of Limestones*, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 588h.
- Haas, J.L., 1971. The effects of salinity on the maximum thermal gradient of a hydrothermal system at hydrostatic pressure. *Economic Geology*, 66, h.940-946.
- Hamilton, W., 1979. Tectonics of the Indonesian Region, *USGS Professional Paper*, 1078, 355h.
- Hayashi, M., 1973. Hydrothermal in the Otake geothermal area, Kyushu. Dalam: Barnes, H.L. (ed.), 1979, *Geochemistry of hydrothermal deposits*, 2nd edition, John Wiley and Sons, New York, h.632-683.
- Koesoemadinata, S., Noya, Y., dan Kadarisman, D., 1994. *Peta Geologi Lembar Ruteng, Nusatenggara, skala 1: 250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Kutina, J. dan Sedlackova, J., 1961. The role of replacement in the origin of some cockade textures. *Economic Geology*, 56, h.149-176.
- Potter R.W.III., Clyde, D.M., dan Brown, D.L., 1978. Freezing point depression of aqueous sodium chloride solutions. *Economic Geology*, 73, h.284-285.
- P.T. Prakarsa Arimbi Sejahtera., 2007a. Laporan Kegiatan Eksplorasi Endapan Bijih Mangan dan Permintaan Perpanjangan KP.Eksplorasi Daerah Lepadi dan Sekitarnya Kecamatan Pajo dan Huu, Kabupaten Dompu, Propinsi Nusa Tenggara Barat (KP.Eksplorasi No. 43/2006)
- _____, 2007b. Laporan Kegiatan Eksplorasi Bahan Galian Timah Hitam DMP dan Permintaan Perpanjangan KP.Eksplorasi Daerah Lepadi, Kabupaten Dompu, Propinsi Nusa Tenggara Barat (KP.Eksplorasi No. 44/2006)
- Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, 2007. Laporan pengukuran mikrotermometri inklusi fluida, tidak dipublikasikan, 10h.
- Ratman, N. dan Yasin, A., 1978. *Peta Geologi Lembar Komodo, Nusatenggara, skala 1: 250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sudradjat, A., Andi Mangga, S., dan Suwarna, N., 1998. *Peta Geologi Lembar Sumbawa, Nusatenggara, skala 1: 250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Naskah diterima : 13 Mei 2008

Revisi terakhir : 08 Agustus 2008