

## Interpretasi mineralisasi epitermal berdasarkan studi ubahan hidrotermal dan tekstur urat kuarsa di kawasan hutan lindung Taliwang, Nusa Tenggara Barat

DANNY ZULKIFLI HERMAN

Pusat Sumber Daya Geologi, Jln. Soekarno-Hatta No. 444, Bandung

### SARI

Kawasan hutan lindung Taliwang, Nusa Tenggara Barat, terutama ditempati oleh batuan gunung api yang terdiri atas perselingan breksi dan tuf. Breksi disusun oleh fragmen (*clast*) batuan andesitik-dioritik yang tertanam dalam matriks tuf berukuran butir halus hingga lapili dan di bagian-bagian tertentu telah mengalami ubahan hidrotermal dan ditembus urat-urat kuarsa mengandung bijih emas.

Singkapan urat-urat kuarsa umumnya telah terlimonitkan, berarah hampir timur - barat dan utara - selatan dengan masing-masing kemiringan berkisar 70 - 85°. Dari pengamatan terhadap urat-urat kuarsa yang berasal dari limbah tambang di lokasi-lokasi penambangan rakyat, diduga bahwa di bawah permukaan wilayah hutan lindung (kedalaman 50 - 100 m) terdapat *stockwork* urat kuarsa yang menembus batuan induk berubah ilit-paragonit-kalsit-siderit-nakrit. Urat-urat kuarsa yang teridentifikasi terutama bertekstur sisir (*comb*) yang disusun oleh kristalin *euhedral* berukuran kasar, serupa gula (*sugary/saccharoidal/fine grained crystalline quartz*) dan *ghost-bladed*. Pada umumnya urat-urat dan batuan sampingnya mengandung terutama mineral pirit secara tersebar atau berupa *spot*.

Evaluasi terhadap tekstur kuarsa, analisis ubahan batuan samping (metode PIMA), pengukuran inklusi fluida, dan analisis kimia (metode AAS) terhadap percontoh batuan berubah/urat kuarsa menunjukkan bahwa proses pembentukan ubahan dan mineralisasi terjadi dalam sistem epitermal, yang berkaitan dengan perubahan dari fluida hidrotermal bersifat mendekati netral menjadi asam pada suhu antara 231 - 185° C. Ubahan ilit-paragonit-kalsit-siderit diperkirakan merupakan hasil reaksi batuan induk dengan fluida bersifat mendekati netral, sementara ubahan nakrit (kelompok kaolin) atau argilik adalah hasil reaksi batuan induk dengan fluida asam yang terjadi di zona percampuran (*zone of mixing*) fluida meteorik dan kondensasi gas asam yang dibebaskan selama proses pendidihan (*boiling*) fluida hidrotermal di kedalaman. Mengacu kepada kisaran harga salinitas fluida hidrotermal antara 0,9 hingga 2,2 *equivalent wt. % NaCl* dari inklusi fluida, maka diduga bahwa pengendapan urat-urat kuarsa mengandung emas dan mineral bijih ikutannya terjadi pada kedalaman antara 293 - 120 m di bawah permukaan purba (*paleosurface*).

**Kata kunci:** ubahan hidrotermal, tekstur, urat kuarsa, emas epitermal

### ABSTRACT

*Taliwang conservation forest, West Nusa Tenggara, is particularly covered by volcanic rocks consisting of alternated breccia and tuff. The breccia is composed of andesitic – dioritic clasts and matrix of fine-grained to lapilli tuff which had partially been hydrothermally altered and invaded by gold bearing quartz veins.*

*Outcrops of quartz veins are commonly limonitized, trending nearly east-west and north-south with respectively dip of 70° and 85°. Identification of quartz veins originated from people mining's waste leads to a prediction that there are quartz stockworks beneath the earth surface (50 – 100 m depth) in the conservation forest area, from which quartz veins penetrated the illite-paragonite-calcite-siderite-nakrite altered country rock. Textures of quartz veins were identified such as comb with some coarse-grained euhedral crystals, sugary/saccharoidal/fine grained crystalline quartz and ghost-bladed. Veins and host rocks generally contain disseminated and spotted pyrites.*

*Evaluation of quartz textures, altered rocks analysis (PIMA method), fluid inclusion studies and*

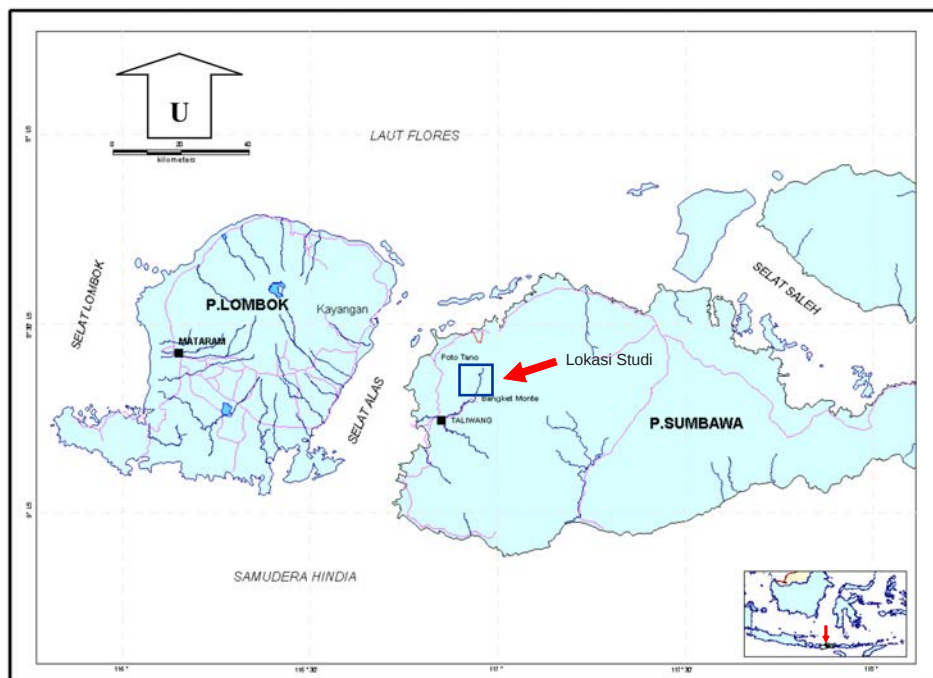
*chemical analysis (AAS method) of selective altered rocks/quartz vein samples exhibits that the alteration and mineralization processes might occur in an epithermal system, connecting with a change of hydrothermal fluids from near neutral into acid conditions at a temperature ranging from 231 to 185°C. Alteration of illite-paragonite-kalsit-siderite is suggested as a result of reaction between host rock and a near neutral fluid, whilst nacrite (kaolin group) or argillic is a result of reaction between host rock and an acid fluid, within a mixing zone of meteoric fluid and condensed acid gas released during boiling process of hydrothermal fluid in the depth. On the basis of salinity ranging from 0.9 to 2.2 equivalent wt.% NaCl of fluid inclusion, it is predicted that the deposition of gold bearing quartz and associated ore minerals takes place in a depth ranging from 293 to 120 m beneath paleosurface.*

**Keywords:** hydrothermal alteration, textures, quartz veins, epithermal gold

## PENDAHULUAN

Daerah studi berada dalam kawasan hutan lindung di wilayah Kabupaten Sumbawa Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat; terletak  $\pm 15$  km sebelah timur laut ibu kota Taliwang (Gambar 1). Daerah ini termasuk bagian wilayah penyelidikan pendahuluan terhadap mineralisasi logam yang dilakukan oleh Ngabito dkk. (1981). Proyek Pengembangan Pertambangan dan Energi Wilayah III Ujung Pandang, Kantor Wilayah Departemen Pertambangan dan Energi Provinsi Sulawesi Selatan.

Penyelidikan serupa juga telah dilakukan pada periode tahun 1987-1998 oleh PT Newmont Nusa Tenggara (2000, 2001) di daerah tersebut, sebagai bagian dari wilayah kontrak karya. Namun tidak dilanjutkan karena daerah ini merupakan kawasan hutan lindung yang tidak diizinkan untuk dikembangkannya usaha pertambangan, kecuali menggunakan metode tambang dalam/bawah permukaan. Sementara itu di sekitar wilayah tersebut telah berkembang usaha pertambangan emas tradisional yang dikhawatirkan menimbulkan dampak kerusakan lingkungan hutan lindung. Studi ini ditekankan pada identifikasi terhadap ubahan hid-



Gambar 1. Peta lokasi studi pada kawasan hutan lindung Taliwang, Nusa Tenggara Barat.

rotermal dan tekstur spesifik urat-urat kuarsa dalam rangka mengungkap terjadinya mineralisasi emas epitermal, terutama berkaitan dengan susunan fluida penyebab terjadinya ubahan/mineralisasi, suhu pembentukan, dan lingkungan pengendapan mineral. Yang terpenting bahwa hasil studi ini diharapkan dapat dijadikan informasi atau dasar pertimbangan dalam menentukan keputusan penambangan dalam/ bawah permukaan terhadap cebakan emas epitermal di kawasan hutan lindung.

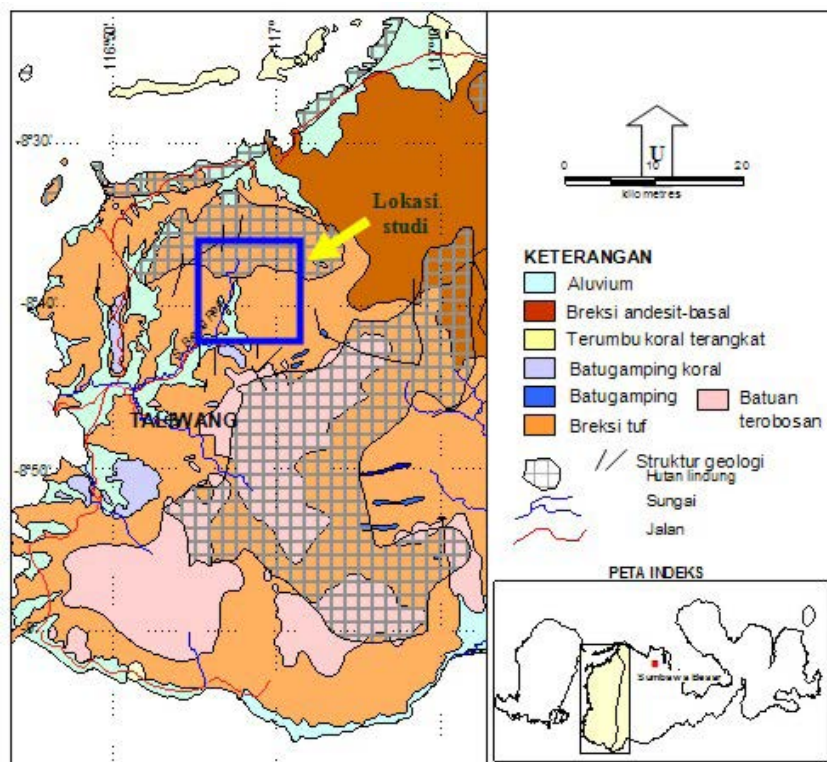
## TATAAN GEOLOGI

### KAWASAN HUTAN LINDUNG TALIWANG

Kawasan hutan lindung Taliwang dan sekitarnya, Kabupaten Sumbawa Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat disusun secara geologis oleh satuan-satuan stratigrafi yang terdiri atas breksi tuf, batupasir tufan, batugamping, batuan terobosan, breksi andesit-basal, dan aluvium/endapan pantai (Gambar 2).

Satuan stratigrafi tertua berupa breksi tuf berumur Miosen Awal; bersusunan andesit, dengan sisipan tuf pasir, tuf batuapung dan batupasir tufan; setempat mengandung lahar, lava andesit, dan basal. Satuan ini telah mengalami ubahan hidrotermal terpropilitkan dan termineralisasi, berasosiasi dengan urat kuarsa dan kalsit. Satuan batupasir tufan terdiri atas dominan batupasir tufan, batulempung, tuf dan breksi; berlapis baik, bersisipan lensa batugamping dengan sebagian tuf telah mengalami pelapukan menjadi lempung dan mengandung pirit. Satuan ini berhubungan menjemari dengan breksi tuf.

Satuan batugamping dibagi menjadi tiga jenis, yaitu: yang pertama bersusunan batugamping dan batupasir gampingan berumur Miosen Awal, mengandung rombakan batuan gunung api gampingan, serta umumnya berlapis baik, tetapi setempat sebagai lensa dalam batupasir tufan; yang kedua berumur Miosen Tengah, disusun oleh batugamping koral, berlapis baik dan pada bagian bawah mengandung rijang; yang ketiga berupa batugamping terumbu koral terangkat, berumur Miosen Akhir - Plistosen.



Gambar 2. Peta geologi bagian Lembar Sumbawa, Nusa Tenggara (Sudradjat dkk., 1998).

Satuan batugamping pertama diendapkan secara menjemari dengan satuan batupasir tufan, sedangkan yang kedua dan ketiga diendapkan secara tidak selaras di atas satuan batugamping pertama.

Kompleks terobosan batuan beku diorit, andesit, dan dasit menerobos satuan-satuan batuan berumur Miosen Awal; andesit dan dasit pada umumnya mengandung pirit. Sementara endapan pantai terdiri atas bahan-bahan lepas berupa kerikil, pasir, lempung dan lumpur hasil rombakan satuan-satuan stratigrafi berumur lebih tua.

### METODOLOGI

Pemercontohan batuan/urat kuarsa dilakukan dengan cara suban (*chip sampling*) secara acak (*random*) pada lokasi-lokasi terpilih, terutama di bagian-bagian satuan batuan yang mengalami ubahan hidrotermal dan termineralisasi, dengan kondisi percontoh sesegar (*fresh*) mungkin dan membuang bagian-bagian yang mengalami pelapukan (lihat Tabel 1). Cara suban dipilih karena mineral ubahan atau bijih memperlihatkan sebaran yang tidak merata. Pemercontohan dilakukan untuk memperoleh data atau informasi yang berkaitan dengan pola dispersi primer unsur yang diinginkan, ubahan hidrotermal dan zona mineralisasi agar dapat dijadikan petunjuk dalam mengidentifikasi jenis mineralisasi atau cebakan bijih tertentu.

Untuk menunjang pengungkapan terjadinya mineralisasi, diperlukan analisis laboratorium terhadap percontoh, yang terdiri atas:

- 1) Analisis kimia basah menggunakan metode

*Atomic Absorption Spectrometry/AAS* terhadap empat belas percontoh batuan terubah hidrotermal/termineralisasi untuk mendeteksi unsur-unsur Au, Ag, As, dan Sb.

- 2) Analisis petrografi terhadap delapan percontoh batuan terubah hidrotermal/termineralisasi untuk identifikasi mineral-mineral ubahan yang terbentuk.

- 3) Analisis mineragrafi terhadap lima percontoh batuan/urat kuarsa-kalsit termineralisasi untuk identifikasi asosiasi dan paragenesis mineral-mineral bijih.

- 4) Analisis *bulk* menggunakan metode PIMA (*Portable Infra-red Mineral Analyzer*) terhadap empat percontoh batuan terubah terpilih untuk mengidentifikasi mineral-mineral ubahan jenis lempung, silikat, dan logam.

- 5) Analisis inklusi fluida terhadap tiga percontoh 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 dilakukan di Laboratorium Fisika Mineral, Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI-Bandung.

### UBAHAN HIDROTHERMAL DAN MINERALISASI

Daerah studi terutama dibentuk oleh batuan gunung api yang terdiri atas perselingan breksi dan tuf. Breksi disusun oleh *clast* batuan andesitik – dioritik yang tertanam dalam matriks tuf berukuran butir halus hingga lapili. Perlapisan breksi di bagian hulu Sungai Brang Rea, Desa Bangkat Monte, menunjukkan arah umum hampir timur - barat dengan kemiringan 35° ke arah utara, sedangkan perlapisan tuf di bagian Sungai Klongkang, Dusun Lamonte menunjukkan arah umum antara barat laut – tenggara hingga hampir utara – selatan dengan kemiringan berkisar 12 - 22° ke arah selatan.

Di lokasi-lokasi penambangan emas rakyat teramati bahwa para penambang melakukan penggalian urat-urat kuarsa pada batuan induk piroklastika (breksi dan tuf) yang telah mengalami ubahan ilit-paragonit-kalsit-siderit-nakrit. Urat-urat kuarsa yang ditambang umumnya telah terlimonitkan, berarah hampir timur - barat dan utara - selatan dengan

Tabel 1. Hasil Analisis PIMA Batuan Terubah Hidrotermal di Daerah Hutan Lindung Taliwang, Nusa Tenggara Barat

| No. Percontoh | Susunan Mineral Ubahan  |
|---------------|-------------------------|
| TLW-02        | Ilit                    |
| TLW-04        | 74% Ilit, 26% paragonit |
| TLW-06A       | 73% Ilit, 27% siderit   |
| TLW-06B       | 84% Ilit, 16% kalsit    |
| TLW-06C       | 69% Nakrit, 31% ilit    |

masing-masing kemiringan berkisar 70°-85°. Dari pengamatan terhadap limbah tambang yang dihasilkan lubang-lubang galian tambang pada kedalaman antara 50-100 m di lokasi-lokasi penambangan rakyat diduga bahwa di bawah permukaan daerah kajian terdapat *stockwork* urat kuarsa yang menembus batuan induk terubah tersebut (Gambar 3 dan 4), dan umumnya urat-urat dan batuan sampingnya terutama mengandung mineral pirit yang tersebar atau berupa *spot*. Ketebalan urat kuarsa berkisar dari beberapa mm hingga mencapai 5 cm dengan tekstur urat terdiri atas sisir (*comb*) yang disusun oleh kristalin *euhedral* berukuran kasar (Gambar 5), serupa gula (*sugary/saccharoidal/fine grained crystalline quartz*; Gambar 6) dan *ghost-bladed* (Gambar 7).

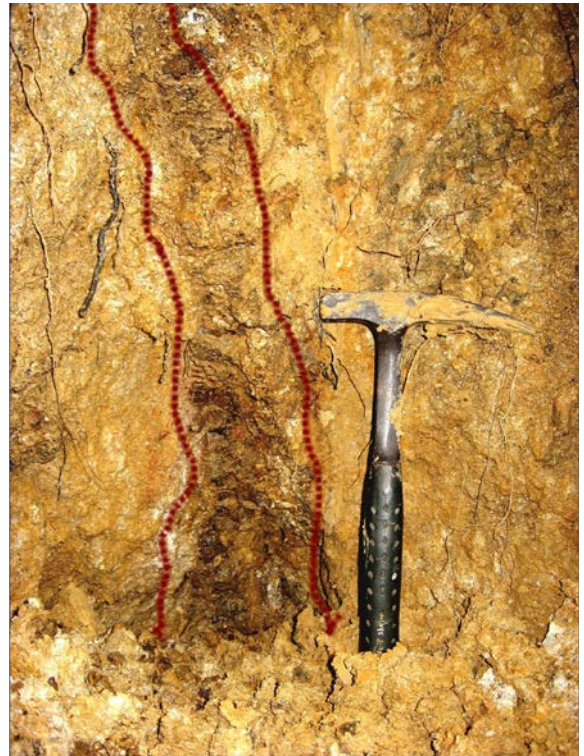
Berdasarkan hasil analisis mineral ubahan dengan metode PIMA (Tabel 1) dari percontoh batuan breksi/tuf terubah di daerah kawasan hutan lindung Taliwang, teridentifikasi beberapa jenis ubahan *pervasive* yang masing-masing disusun oleh kumpulan mineral ubahan ilit-paragonit, ilit-kalsit, ilit-siderit dan nakrit-ilit yang masing-masing berasosiasi dengan pirit. Hasil pengamatan di daerah tersebut menunjukkan keempat jenis ubahan terbentuk secara tumpang tindih (*overprint*) dan berasosiasi dengan urat-urat kuarsa. Analisis kimia terhadap percontoh batuan dan urat kuarsa mampu mendeteksi kandungan unsur-unsur yang erat kaitannya dengan proses mineralisasi epitermal yang ditunjukkan oleh keberadaan As dan Sb di dalam beberapa percontoh urat kuarsa (Tabel 2, Gambar 8).



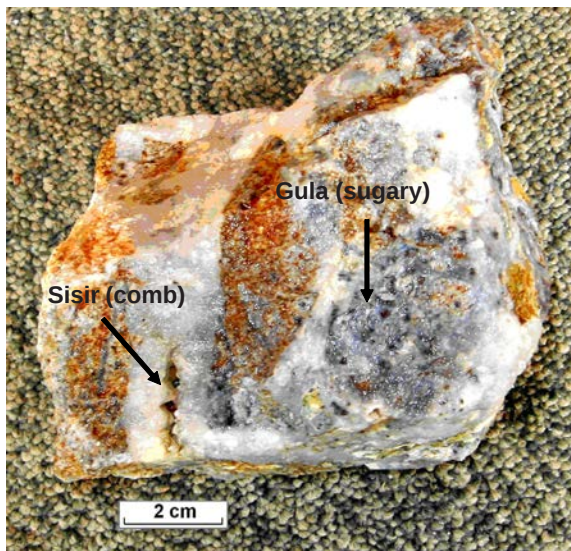
Gambar 3. Singkapan breksi andesitik terubah illitik ditembus urat-urat kuarsa tipis (tanda panah).

## DISKUSI

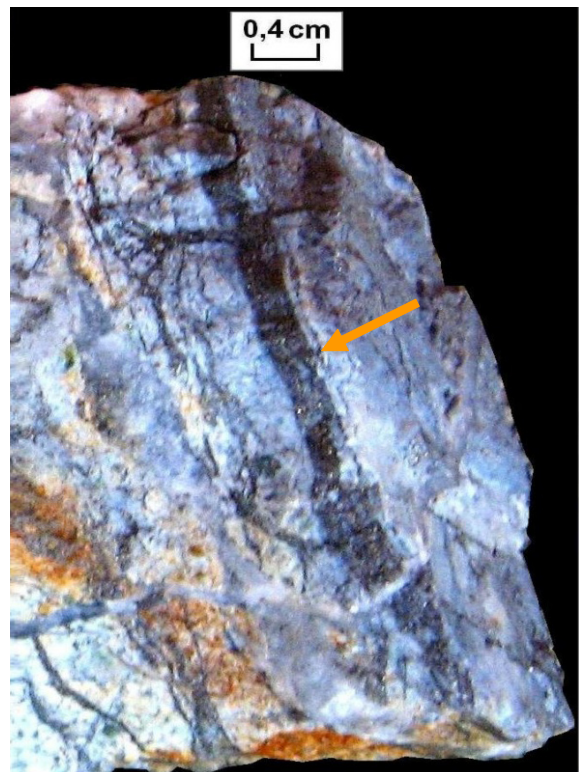
Dari pengamatan terhadap ubahan hidrotermal dan jenis-jenis tekstur urat-urat kuarsa pada batuan induk di daerah kajian, teridentifikasi bahwa mineralisasi di wilayah penambangan rakyat diduga kuat berada dalam lingkungan sistem epitermal. Ubahan ilit-paragonit-kalsit-siderit diperkirakan merupakan hasil reaksi batuan induk dengan fluida hidrotermal bersifat mendekati netral (Chen, 1970). Sementara ubahan nakrit (mineral lempung kelompok kaolin) atau dapat disebut argilik merupakan hasil reaksi batuan induk dengan fluida asam sulfat-bikarbonat yang terjadi di zona percampuran (*zone of mixing*) fluida meteorik dan kondensasi gas asam yang dibebaskan selama proses pendidihan (*boiling*) fluida hidrotermal di kedalaman. Penggabungan mineral-mineral ubahan menunjukkan telah terjadi tumpang-tindih (*overprinting*) di antara kedua jenis fluida hidrotermal tersebut. **Indikasi sistem mineralisasi epitermal** ditunjukkan oleh kehadiran urat-urat



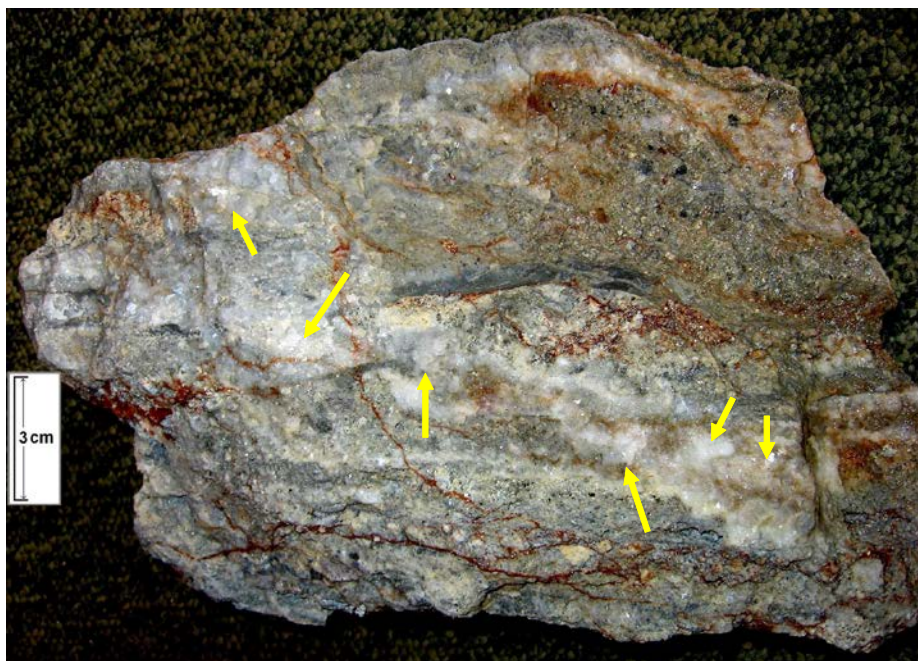
Gambar 4. Urat kuarsa limonitik menembus batuan terubah illitik (menjadi acuan penggalan lubang tambang).



Gambar 5. Urat kuarsa bertekstur sisir (*comb*) dan gula (*sugary/saccharoidal*) mengandung mineral sulfida pada batuan terubah illit-argilik-limonitik.



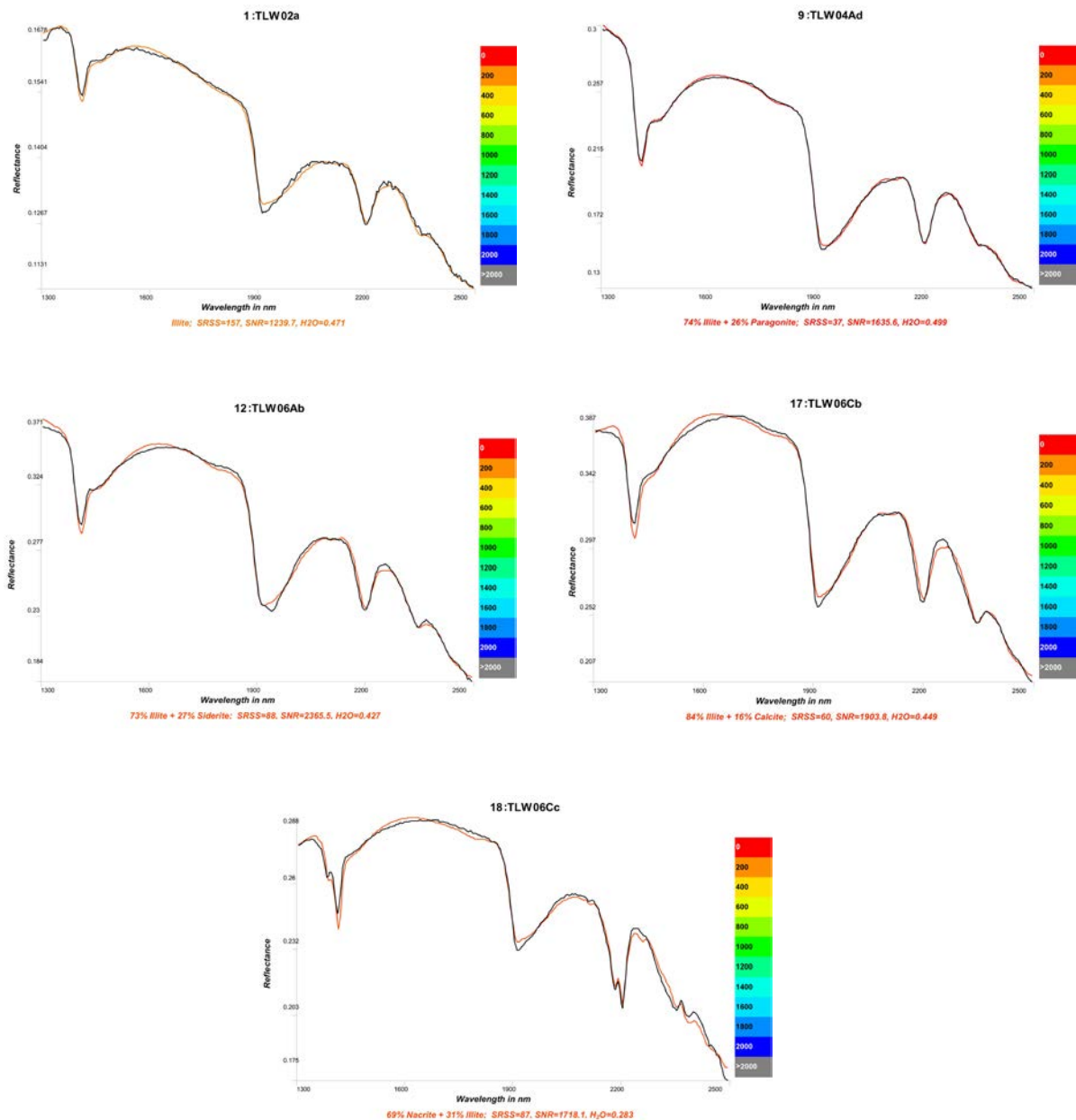
Gambar 6. *Stockwork* urat kuarsa bertekstur gula mengandung sulfida pada batuan terubah illit-argilik-limonitik (urat berwarna gelap karena kerapatan yang tinggi dari butiran halus kristal kuarsa).



Gambar 7. Urat kuarsa bertekstur *ghost-bladed* mengandung sulfida pada batuan terubah illit-argilik-limonitik (Kristal kuarsa *bladed* ).

Tabel 2. Kandungan Unsur Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As dan Sb dalam Batuan dan Urat Kuarsa di Daerah Hutan Lindung Taliwang, Nusa Tenggara Barat

| No. | Kode Percontoh | Keterangan                                                                                                                                                                                     | Kandungan unsur |      |          |    |
|-----|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------|----------|----|
|     |                |                                                                                                                                                                                                | Au (ppb)        | Ag   | As (ppm) | Sb |
| 1   | TLW-01         | Batuan terkersikkan (piroklastika), putih kotor, ditembus urat kuarsa (tekstur gula, tebal 0,1-1 cm) mengandung pirit-kalkopirit                                                               | 910             | 9    | 6280     | 8  |
| 2   | TLW-02         | Batuan piroklastik berubah (ilit-nakrit-pirit), abu-abu, ukuran butir sangat kasar, pirit tersebar & mengisi rekahan                                                                           | 242             | 4    | 400      | 8  |
| 3   | TLW-03         | Serupa dengan TLW-01, ditembus urat-urat halus kuarsa mengandung pirit                                                                                                                         | 1050            | 2    | 2020     | 8  |
| 4   | TLW-04         | Urat kuarsa susu bertekstur sisir ( <i>comb</i> , tebal 2,0 cm) dalam batuan berubah ilit-paragonit, terdiri atas kristal-kristal kuarsa mengandung pirit, kalkopirit, sfalerit & elekrum (?). | 3220            | 8    | 360      | 8  |
| 5   | TLW-04A        | Batuan piroklastika berubah klorit-ilit-paragonit, pirit tersebar, abu-abu kehijauan, ditembus urat halus kuarsa mengandung pirit                                                              | 82              | 4    | 1340     | 10 |
| 6   | TLW-05         | Urat kuarsa limonitik, tebal 5,0 cm, coklat kemerahan di dalam batuan berubah argilik                                                                                                          | 817             | 10   | 1960     | 6  |
| 7   | TLW-06A        | Batuan piroklastika berubah ilit-siderit, pirit tersebar, abu-abu terang, ukuran butir kasar                                                                                                   | 154             | 5    | 110      | 4  |
| 8   | TLW-06B        | Urat halus kuarsa (maksimum tebal 0,3 cm), massif, abu-abu, mengandung sulfida (>pirit)                                                                                                        | 1670            | 16   | 4540     | 2  |
| 9   | TLW-06C        | Urat kuarsa bertekstur <i>ghost-bladed</i> , tebal maksimum 3,0 cm, putih susu, mengandung pirit <i>spotted</i> , menembus batuan piroklastika berubah ilit-nakrit-pirit.                      | 47              | 4    | 80       | 2  |
| 10  | TLW-09         | Urat kuarsa limonitik, coklat kemerahan, tebal 1,0-2,0 cm, menembus batuan piroklastika berubah argilik                                                                                        | 59              | 1    | 54       | 4  |
| 11  | TLW-10         | Serupa dengan TLW-09                                                                                                                                                                           | 113             | 2    | 200      | 10 |
| 12  | TLW-11         | Batuan piroklastika berubah terkersikkan-argilik, ukuran butir kasar, limonitik                                                                                                                | 4               | 1    | 32       | <2 |
| 13  | TLW-12         | Batuan tuf halus berubah terkersikkan, putih, mengandung pirit tersebar                                                                                                                        | 4               | <0,5 | 28       | 4  |



#### Keterangan:

Kurva hitam merupakan kurva hasil pengukuran

Kurva merah merupakan kurva standar

SRSS: Tingkat kemiripan kurva hasil pengukuran dengan kurva standar

SNR (*Signal Noise Ratio*): Tingkat kemulusan kurva hasil pengukuran

Gambar 8. Diagram susunan mineral ubahan pada percontoh batuan terubah hidrotermal dari kawasan hutan lindung Taliwang hasil analisis *Portable Infra-red Mineral Analyzer* (PIMA).

kuarsa asap bertekstur sisir yang disusun oleh kristalin *euhedral* berukuran kasar, serupa gula.

Kristal euhedral kuarsa yang membentuk tekstur sisir diperkirakan berasal dari larutan hidrotermal bersifat super jenuh kuarsa tetapi tak jenuh terhadap kalsedon, yang mengalami pendinginan secara perlahan dan diendapkan langsung pada bukaan-bukaan struktur dalam batuan induk. Serupa dengan pembentukan tekstur sisir, kuarsa bertekstur gula juga diendapkan secara langsung, tetapi terbentuk sebagai kristal-kristal berukuran butir halus karena kecepatan pengendapan dan kristalisasi silika. Tekstur gula dan sisir diperkirakan sebagai indikasi jenis tekstur yang termasuk ke dalam super zona *crustiform-colloform* bagian bawah dan mencerminkan interval dua fase atau pendidihan (Buchanan, 1981). Proses pendidihan menjadi pemicu terjadinya perkembangan kristalisasi silika pada larutan hidrotermal untuk menghasilkan aneka kristal kuarsa dari bentuk butiran gula hingga prisma seperti pada tekstur sisir.

Kuarsa bertekstur *ghost-bladed* terdiri atas lembaran tipis kristal kuarsa anhedral yang terbentuk sebagai pengganti (*replacement*) mineral lain (biasanya kalsit), dan selama pengendapannya dipengaruhi pengotoran. Mengacu pada model zona tekstur pada sistem mineralisasi epitermal menurut Buchanan (1981), tekstur tersebut merupakan salah satu indikasi zona karbonat yang termasuk ke dalam bagian super zona kalsedonik. Proses penggantian karbonat/kalsit oleh kuarsa berkaitan dengan terjadinya pencampuran fluida meteorik bersuhu lebih rendah dengan CO<sub>2</sub> yang dibebaskan dari larutan hidrotermal di kedalaman ketika mengalami pendidihan. Peningkatan suhu akibat pendidihan diikuti oleh masuknya gelembung gas CO<sub>2</sub> yang masih dalam keadaan panas ke dalam fluida meteorik dan menurunnya daya larut kalsit, menyebabkan fluida tersebut menjadi jenuh kalsit, sehingga kalsit diendapkan pada bukaan-bukaan batuan sampingnya. Pada suhu lebih rendah CO<sub>2</sub> terlarutkan lebih cepat untuk membentuk fluida H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> yang menyebabkan peningkatan aktifitas ion-ion HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> dan CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>, diduga menghasilkan kondisi yang kondusif untuk terbentuknya tekstur kalsit *bladed*. Tidak tampaknya karbonat (kalsit) pada zona ini karena telah mengalami pelapukan atau secara cepat telah digantikan oleh kuarsa untuk

membentuk tekstur *bladed* tersebut.

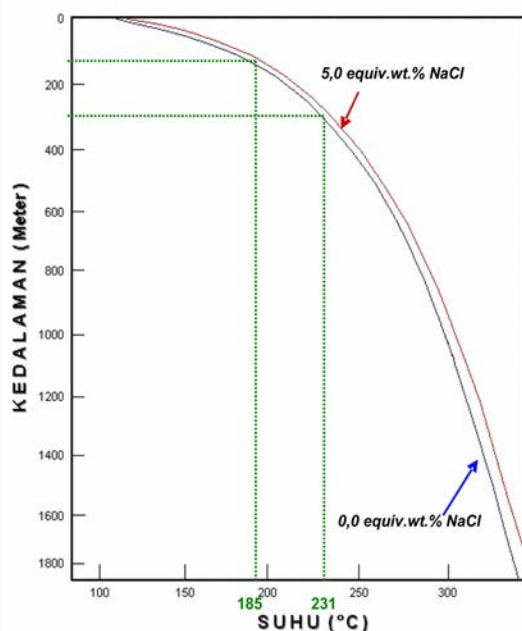
Cebakan bijih dengan konsentrasi emas tinggi pada sistem mineralisasi epitermal biasanya ditemukan pada super zona tekstur *crustiform-colloform*, di antaranya urat-urat kuarsa bertekstur sisir dan gula yang berasosiasi dengan sulfida. Di daerah kajian teridentifikasi bahwa kandungan emas di dalam urat kuarsa bertekstur sisir dianggap signifikan dan dijadikan sasaran utama penambangan oleh para penambang rakyat dengan tidak mengabaikan jenis urat kuarsa lainnya.

Analisis inklusi fluida terhadap beberapa percontoh kristal kuarsa mendeteksi suhu homogenisasi (homogenization temperatures/Th) dengan kisaran 185 - 231°C dan suhu pembekuan berkisar -0,6 - -1,1°C. Mengacu pada asumsi bahwa seluruh inklusi fluida terbentuk selama pertumbuhan kristal kuarsa, maka suhu homogenisasi dan pembekuan dapat menggambarkan kondisi sistem hidrotermal. Inklusi fluida mengandung cairan dengan aneka ragam sifat salinitas, yang susunannya dapat diidentifikasi berdasarkan suhu pembekuannya. Penentuan salinitas didasarkan pada asumsi bahwa fluida tersebut terutama disusun oleh Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup> dalam kaitannya dengan equivalent wt.% NaCl (Potter dkk., 1978).

$$\text{NaCl wt.\% (equiv.)} = 1,7698 (-T_m) - 4,2348 \\ \times 10^{-2} (-T_m)^2 + 5,2778 \times 10^{-4} (T_m)^3$$

Pengukuran suhu pembekuan kristal-kristal kuarsa pada urat kuarsa bertekstur sisir menunjukkan harga salinitas fluida pada kisaran 0,9 - 2,2 *equivalent wt.% NaCl*, yang berarti bahwa fluida hidrotermal telah mengalami dilusi atau pengenceran oleh air meteorik dan dapat dikategorikan sebagai fluida bersalinitas rendah. Rendahnya salinitas fluida diduga bahwa kuarsa terbentuk pada lingkungan pengendapan dangkal di bawah permukaan tempat terjadinya pencampuran fluida hidrotermal dan air meteorik. Karena suhu pembentukan inklusi fluida pada kedalaman tersebut sangat erat hubungannya dengan suhu pendidihan dan tekanan hidrostatika (Haas, 1971), dengan asumsi bahwa sistem hidrotermal terbentuk di bagian atas zona pendidihan (dengan salinitas fluida berkisar 0,9 - 2,2 *equivalent wt.% NaCl*) maka urat-urat kuarsa pada mineralisasi epitermal di kawasan hutan lindung Taliwang dapat diinterpretasikan terbentuk pada kisaran suhu 231 - 185°C dengan kedalaman 293 hingga

120 m (Gambar 9) di bawah permukaan purba (*paleosurface*). Terdeteksinya secara kimiawi unsur-unsur As dan Sb pada percontoh urat kuarsa lebih memperkuat dugaan terjadinya mineralisasi pada suhu di lingkungan epitermal; sedangkan kandungan signifikan As diperkirakan berkaitan dengan keberadaan mineral-mineral sulfida mengandung As yang biasa berasosiasi dengan emas di dalam urat kuarsa yang kemungkinan di antaranya adalah arsenopirit ( $\text{FeAsS}$ ), enargit ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ), dan luzonit (dimorfisme enargit).



Gambar 9. Diagram hubungan suhu dalam kedalaman proses mineralisasi di kawasan hutan lindung Taliwang, Nusa Tenggara Barat (mengacu kepada Haas, 1971).

## KESIMPULAN

Cebakan bahan galian emas di kawasan hutan lindung Taliwang diduga kuat merupakan bagian dari sistem mineralisasi epitermal, yang ditunjukkan oleh teridentifikasinya urat-urat kuarsa berciri tekstur spesifik epitermal terdiri atas sisir (*comb*), gula (*sugary/saccharoidal/fine grained crystalline quartz*) dan *ghost-bladed* mengandung mineral-mineral sulfida yang membentuk pola *stockwork* dan menembus batuan breksi/tuf terubah illit-paragonit-kalsit-siderit-nakrit-pirit. Ubahan dan mineralisasi

terbentuk pada kedalaman 293 hingga 120 m di bawah permukaan purba (*paleosurface*), pada suhu berkisar 231 - 185°C. Mineralisasi telah membentuk cebakan bijih emas dengan kandungan arsen tinggi (*High arsenic epithermal gold deposit*).

**Ucapan Terima Kasih**—Perhargaan yang tinggi kepada rekan Sutrisno, M.Sc. yang telah menyediakan waktu untuk berdiskusi dan sarannya untuk penyempurnaan karya tulis dan estetika ilustrasi. Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Saudara Asep Ahdiat atas partisipasinya dalam pembuatan kelengkapan gambar pada karya tulis, serta juga setiap individu yang memberikan bantuan moril selama proses penulisan.

## ACUAN

- Buchanan, L.J., 1981. Scale model for zoning of textures, alteration, ore and gangue mineralogy in a typical boiling zone epithermal vein. Dalam: Morisson, G., Guoyi, D., dan Jaireth, S., (eds.) 1990. *Textural Zoning in Epithermal Quartz Veins*, Klondike Exploration Services, Townsville QLD 4810, Australia, 21 h.
- Chen, C.H., 1970. Geology and Geothermal power potential of the Tatun volcanic region. Dalam: Barnes, H.L., (ed.), 1979, *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*, 2<sup>nd</sup> edition, John Wiley and Sons, New York, h.632-683.
- Haas, J.L., 1971. The effect of salinity on the maximum thermal gradient of a hydrothermal system at hydrostatic pressure. *Economic Geology*, 66, h.940-946.
- Ngabito, H., Jassin, O., Ibrahim, K., Nasir, I., dan Sumiyarsono, 1981. Laporan Hasil Penyelidikan Pendahuluan Terhadap Logam-Logam Dasar Di Daerah Taliwang, Sumbawa Barat-Propinsi Nusa Tenggara Barat; Proyek Pengembangan Pertambangan dan Energi Wilayah III di Ujung Pandang; Kantor Wilayah Departemen Pertambangan dan Energi, Propinsi Sulawesi Selatan.
- Potter, R.W.III., Clyde, D.M., and Brown, D.L., 1978. Freezing point depression of aqueous sodium chloride solutions. *Economic Geology*, 73, h.284-285.
- PT. Newmont Nusa Tenggara, 2000. *Laporan Triwulan Kegiatan Eksplorasi di P. Lombok dan P. Sumbawa*, Nusa Tenggara Barat, Periode Juli – September 2000.
- \_\_\_\_\_, 2001. *Laporan Triwulan Kedua Periode April – Juni 2001*, Kegiatan Eksplorasi PT. Newmont Nusa Tenggara di Wilayah Kawasan Hutan di P. Lombok dan P. Sumbawa, Nusa Tenggara Barat.
- \_\_\_\_\_, 2001. *Laporan Pelepasan Ke 5 Wilayah Kontrak Karya PT.Newmont Nusa Tenggara di P. Lombok dan P. Sumbawa*, PT. NNT Regional Eksplorasi.
- Sudradjat, A., Mangga, S.A., dan Suwarna, N., 1998. *Peta Geologi Lembar Sumbawa, Nusa Tenggara, skala 1: 250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.