

ISSN 1907-5367

buletin

SUMBER DAYA GEOLOGI

Volume 11 No. 2, Agustus 2016



Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

Badan Geologi

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

Buletin Sumber Daya Geologi	Vol. 11	No. 2	Halaman 73 - 143	Bandung Agustus 2016	Terakreditasi LIPI sebagai Majalah Ilmiah Nomor : 617/AU2/P2MI-LIPI/03/2015
--------------------------------	---------	-------	---------------------	-------------------------	--

KETERANGAN SAMPUL DEPAN

Urut kuarsa tipis berarah N100° E/50° pada perselingan batupasir kuarsa dan meta batulempung mengandung mineral kasiterit di daerah Bukit Klenteng. (Bambang Pardiarto)

Terakreditasi sebagai Majalah Berkala Ilmiah Nomor : 617/AU2/P2MI-LIPI/03/2015

Buletin Sumber Daya Geologi merupakan Makalah berkala ilmiah terakreditasi LIPI bidang geologi, geofisika, geokimia, pertambangan dan bidang ilmu kebumihan lainnya yang terkait. Makalah ini terbit tiga nomor dalam satu tahun pada bulan Mei, Agustus dan November.

DEWAN REDAKSI

Penasihat	Kepala Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi
Penanggungjawab	Kepala Bagian Tata Usaha
Editor	Ir. Prima Muharam Hilman, M.Sc (<i>Remote Sensing/GIS</i>) Ir. Denni Widhiyatna, M.T (<i>Geologi</i>) Ir. Dwi Nugroho Sunuhadi (<i>Mineral Logam</i>) Ir. Herry Rodiana Eddy, M.Si (<i>Mineral Bukan Logam</i>) Edi Suhanto, S.Si, M.T (<i>Panas Bumi</i>) Ir. Kusdarto (<i>Mineral Bukan Logam</i>) Ir. Rina Wahyuningsih (<i>Panas Bumi</i>) Ir. Deddy Amarullah (<i>Batubara</i>) Ir. Teuku Ishlah (<i>Mineral Logam</i>) Ir. Bambang Pardiarto (<i>Mineral Logam</i>) Ir. Sri Widodo (<i>Panas Bumi</i>)
Desain Grafis	Candra, S.T Eko Suryanto, S.Kom
Sekretariat	Dra. Ella Dewi Laraswati Retno Rahmawati Lestari, S.Si Resmi Novianti, S.Kom
Mitra Bestari	Dr. Euis Tintin Yuningsih, S.T., M.T (<i>Petrologi</i>) Prof. Dr. Ir. Bukin Daulay, M.Sc (<i>Batubara/CBM</i>) Dr. Ir. Dicky Muslim, M.Sc (<i>Geoteknik</i>) Ir. Mega F. Rosana, M.Sc., Ph.D (<i>Mineralogi/Petrologi</i>) Dr. Eng. Imam A. Sadisun (<i>Panas Bumi</i>) Prof. Dr. Ir. Hendarmawan, M.Sc (<i>Geohidrologi</i>) Ir. Sabtanto Joko Suprpto, M.T (<i>Geologi/Geokimia</i>)

Alamat sekretariat dan pengiriman naskah

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Bagian Tata Usaha, Gd. A Lt. 1.
Jl. Soekarno Hatta No. 444 Bandung 40254
Telepon : (022) 520 2698, 522 6270
Fax : (022) 522 6270, 522 6263
Email : buletinpsdg@gmail.com

PENGANTAR REDAKSI

Dengan ucapan syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, kami hadirkan edisi kedua Buletin Sumber Daya Geologi Tahun 2016 ke tangan pembaca. Pada edisi kali ini kami hadirkan lima makalah dengan topik sumber daya mineral dan energi fosil.

Pada topik sumber daya mineral, tulisan pertama adalah mengenai pemanfaatan felspar untuk pembuatan bahan bangunan berupa batu bata ringan. Tulisan kedua membahas mineral bijih tipe Kuroko, studi kasus dari Pulau Hokkaido, Jepang. Tulisan terakhir adalah tentang cebakan timah di Pulau Belitung, bukan tipe endapan plaser, tetapi cebakan timah pada batuan induknya, yakni granit.

Pada topik sumber daya energi fosil, dua tulisan yang dimuat adalah terkait hidrokarbon. Tulisan pertama adalah mengenai estimasi kandungan hidrokarbon dalam serpih, sementara tulisan kedua mengenai kemungkinan kaitan antara batuan induk yang tersingkap di permukaan dengan rembesan-rembesan minyak yang muncul di permukaan.

Pada kesempatan ini, dewan redaksi ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang menjaga komitmen agar buletin ini bisa terus menyapa para pembaca.

Salam hangat

Dewan Redaksi

DAFTAR ISI

MAKALAH ILMIAH

- 73 - 91 **KARAKTERISTIK CEBAKAN TIMAH PRIMER DI DAERAH PARIT TEBU, KABUPATEN BELITUNG TIMUR, PROVINSI KEPULAUAN BANGKA BELITUNG**
CHARACTERISTIC OF THE PRIMARY TIN DEPOSITS IN PARIT TEBU AREA, DISTRICT OF BELITUNG TIMUR, BANGKA BELITUNG ISLANDS PROVINCE
Oleh : Bambang Pardiarto
- 93 - 101 **KEMATANGAN TERMAL DAN ESTIMASI KANDUNGAN MINYAK ENDAPAN SERPIH FORMASI SINAMAR DI DAERAH DUSUN PANJANG, PROVINSI JAMBI**
THERMAL MATURITY AND OIL CONTENT ESTIMATE FROM SHALE IN SINAMAR FORMATION AT DUSUN PANJANG AREA, JAMBI PROVINCE
Oleh : Robet Lumban Tobing
- 103 - 115 **ORE MINERALS FROM KUROKO TYPE DEPOSIT OF TOYA-TAKARADA MINE, HOKKAIDO, JAPAN**
MINERAL BIJIH DARI ENDAPAN TIPE KUROKO PADA TAMBANG TOYA-TAKARADA, HOKKAIDO, JEPANG
Oleh : Euis Tintin Yuningsih
- 117 - 131 **PEMANFAATAN FELSPAR DESA PETIR, KECAMATAN BAWANG DAN DESA WANADRI, KECAMATAN PURWANEGARA, KABUPATEN BANJARNEGARA UNTUK PEMBUATAN BATA RINGAN**
USING FELDSPAR FROM PETIR VILLAGE, BAWANG DISTRICT AND WANADRI VILLAGE, PURWANEGARA DISTRICT, BANJARNEGARA REGENCY FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
Oleh : Chusni Ansori dan Gurharyanto
- 133 - 143 **KARAKTERISTIK BATUAN INDUK HIDROKARBON DAN HUBUNGANNYA DENGAN REMBESAN MINYAK DI LAPANGAN MINYAK CIPLUK, KABUPATEN KENDAL, PROVINSI JAWA TENGAH**
THE CHARACTERISTIC OF HYDROCARBON SOURCE ROCK AND ITS RELATIONSHIP TO OIL SEEPAGE IN THE CIPLUK OILFIELD, KENDAL REGENCY, CENTRAL JAVA PROVINCE
Oleh : Praptisih

ABSTRAK MAKALAH

Oleh : Redaksi

GALERI FOTO

Oleh : Candra, S.T dan Eko Suryanto, S.Kom

PEDOMAN PENULISAN KARYA ILMIAH

Oleh : Redaksi

**KARAKTERISTIK CEBAKAN TIMAH PRIMER DI DAERAH PARIT TEBU,
KABUPATEN BELITUNG TIMUR, PROVINSI KEPULAUAN BANGKA BELITUNG**

**CHARACTERISTIC OF THE PRIMARY TIN DEPOSITS IN PARIT TEBU AREA,
BELITUNG TIMUR REGENCY, BANGKA BELITUNG ISLANDS PROVINCE**

Bambang Pardiarto

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi
Jalan Soekarno Hatta No. 444, Bandung
b.pardiarto@yahoo.com

ABSTRAK

Endapan timah sekunder banyak tersebar dan ditambang di wilayah Kabupaten Belitung Timur namun belum jelas dari mana sumber potensial cebakan timah primernya. Survei geofisika dengan metoda polarisasi terimbas (IP) dan magnetik di daerah tersebut menghasilkan beberapa anomali mengindikasikan adanya terobosan batuan granit yang diduga sebagai sumber cebakan timah. Hasil penelitian terbaru dengan metoda pengeboran inti dan analisis laboratorium yang meliputi *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS), *X-Ray Fluorescence* (XRF), petrografi dan mineragrafi menunjukkan mineralisasi timah primer mempunyai bentuk cebakan berupa urat-urat halus dan sebagian tersebar dalam masa batuan. Mineralisasi terjebak dalam batupasir kuarsa arenit dan metabatulempung akibat diterobos oleh granit aplitik. Mineralisasi timah dicirikan oleh hadirnya kasiterit yang berasosiasi dengan realgar, molibdenit dan beberapa mineral sulfida seperti pirit, sfalerit, galena dan arsenopirit dalam mineral *gangue* kuarsa. Genesa cebakan diklasifikasikan sebagai tipe urat hidrotermal dengan kandungan kaya timah terkonsentrasi pada zona urat kuarsa yang terbreksikan.

Kata kunci: parit tebu, cebakan timah, kasiterit, realgar, molibdenit

ABSTRACT

Secondary tin deposits are widely distributed and mined in Belitung Timur Regency however the potential source of primary tin deposit still unclear. Geophysical survey using induced polarization (IP) and magnetic method obtained some anomalies indicating granite intrusion which is inferred to be source of tin deposit. The recent research using core-drilling method and laboratory analysis including Atomic Absorption Spectrometry (AAS), X-Ray Fluorescence (XRF), petrography and mineragraphy shows the primary tin mineralisation has deposit form as veinlets and partly disseminated in the rock mass. Mineralisation are hosted by quartz-arenite sandstone and metaclaystone which are intruded by aplitic granite. Tin mineralisation is characterised by presence of cassiterite associated with realgar, molibdenite and some sulphide minerals such as pyrite, sphalerite, galena and arsenopyrite with gangue mineral of quartz. The genetic of deposit is classified as vein type with tin rich content is concentrated along zone of brecciated quartz vein.

Keywords: parit tebu, tin deposit, cassiterite, realgar, molibdenite

PENDAHULUAN

Endapan timah sekunder banyak tersebar dan ditambang oleh masyarakat maupun perusahaan di wilayah Belitung Timur, namun belum diketahui sumber potensial

cebakan timah primernya. Hasil eksplorasi cebakan timah primer terdahulu di daerah Parit Tebu yang meliputi pemetaan geologi rinci dan survei polarisasi terimbas (IP) serta magnetik memperlihatkan adanya zona anomali geofisika. Hasil

interpretasi zona anomali ini berhubungan dengan keberadaan batuan granit yang diduga sebagai sumber cebakan timah primer (Aziz, dkk., 2014). Hal tersebut yang menjadi pertimbangan dilakukannya eksplorasi lanjutan di daerah ini dengan pengeboran uji geologi.

Lokasi penelitian berada di daerah Parit Tebu, Desa Batu Penyu, Kecamatan Gantung, Kabupaten Belitung Timur, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung (Gambar 1). Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi geologi bawah permukaan yang berkaitan dengan anomali geofisika dengan tujuan untuk mendapatkan gambaran batuan pembawa mineralisasi timah primer dan tipe cebakannya.

METODA

Penelitian ini menggunakan metoda pengeboran, pengamatan batuan inti bor, pemeriksaan laboratorium yang meliputi analisis kimia dengan metoda AAS (Mo, Cu, Pb, Zn, Au, Sn dan Li), petrografi, mineragrafi dan XRF.

GEOLOGI DAN GEOFISIKA

Geologi Regional

Secara regional Pulau Belitung ditutupi oleh runtunan batuan metasedimen yang berumur dari Karbon hingga Perem. Runtunan ini dibedakan menjadi Formasi Kelapakampit, Formasi Tajam dan Formasi Siantu (Baharuddin, dkk., 1995). Runtunan batuan ini terdiri dari batupasir, serpih, batulempung dan rijang mempunyai kemiringan yang hampir tegak. Beberapa sisipan tipis berupa lava bantal, tuf dan batugamping dijumpai dalam runtunan batuan ini.



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian.

Arah umum jurus perlapisan batuan sedimen berkisar antara barat-timur hingga tenggara-baratlaut dengan sudut kemiringan lapisan subvertikal. Pergeseran akibat sesar menyebabkan terjadinya perubahan mencolok arah sudut kemiringan lapisan batuan dari selatan ke utara. Di samping itu runtunan batuan ini juga telah mengalami lipatan kuat dengan arah timurlaut-baratdaya, utara-selatan dan baratlaut-tenggara. Pada zaman Trias runtunan batuan sedimen (Permo-Karbon) ini diterobos oleh batuan plutonik berupa gabro, granodiorit, adamelit, retas porfiri dan granit (Trias). Di Pulau Belitung terdapat beberapa jenis granit diantaranya Granit Burung Mandi, Granit Batubesi dan Granit Tanjung Pandan.

Pulau Belitung termasuk ke dalam jalur timah Indonesia yang memanjang dengan arah tenggara hingga barat laut menerus hingga ke Malaysia-Thailand dan Burma (Myanmar). Selain Pulau Belitung, Pulau Bangka, Pulau Singkep, Pulau Kundur, Pulau Karimun dan pulau-pulau kecilnya juga termasuk penghasil timah di Indonesia. Jalur timah ini menerus hingga ke Malaysia-Thailand dan Burma. Pulau-pulau tersebut dikenal sebagai penghasil timah terbesar di dunia (Lehmann, 1990). Bijih timah yang dihasilkan berasal dari endapan *placer*. Terbentuknya timah di jalur timah Indonesia ini akibat terobosan batuan granit berumur Trias terhadap runtunan batuan sedimen yang lebih tua.

Di Pulau Belitung, timah terbentuk karena adanya terobosan granit yang dikenal dengan Granit Kelapakampit berumur Trias. Beberapa cebakan timah dijumpai di pulau ini meliputi Tambang Tikus, Tambang Kelapakampit, Tambang Parit Tebu, Tambang Batu Besi, dan lainnya (Schwartz, dkk., 1990)

Geologi dan Geofisika Daerah Penelitian

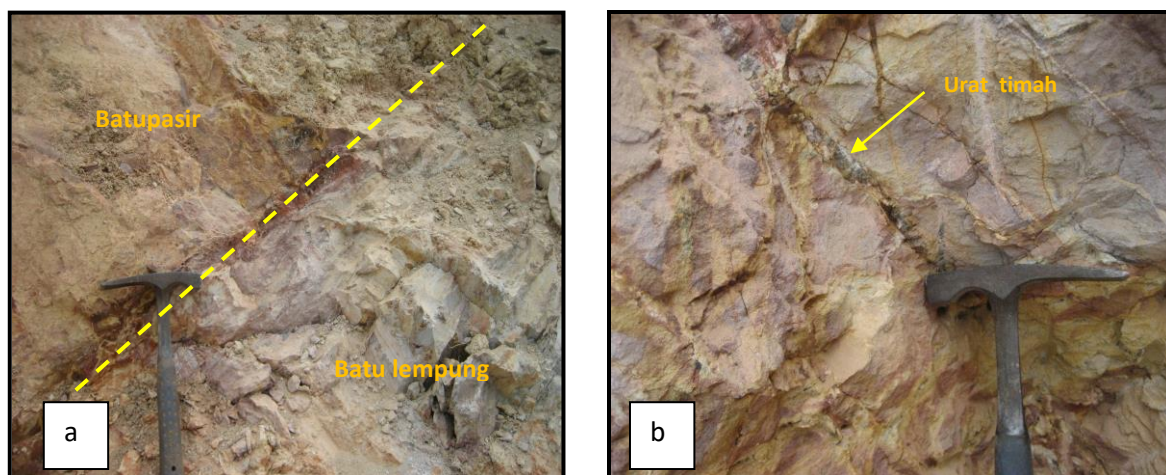
Satuan batuan yang mendominasi daerah penelitian terdiri atas batupasir kuarsa berselingan dengan batulempung dan

batulanau termetakan yang diduga merupakan bagian dari Formasi Tajam berumur Permo-Karbon. Kemudian satuan batuan tersebut secara menjemari berhubungan dengan meta batupasir kuarsa/kuarsit, batusabak dan lempung tuffan yang merupakan bagian dari Formasi Kelapakampit yang juga berumur Permo-Karbon (Soepriadi, dkk., 2015). Jurus dan kemiringan lapisan batupasir yang kontak dengan batulempung berarah N 160° s.d. 170°E/15° dan N 280° s.d. 300°E/45° (Gambar 2a). Umumnya batuan ini telah mengalami pelapukan kuat yang membentuk endapan laterit limonitik mengandung mineral oksida besi.

Sebagian satuan batuan tersebut masih tampak segar dengan ubahan silika, pirit dan lempung serta setempat-setempat mengandung urat/urat halus kuarsa. Batuan terkekarkan kuat dan retakan yang terbentuk diisi oleh urat kuarsa tipis (<7 mm) dan oksida besi/limonit yang saling berpotongan sebagaimana dijumpai di sekitar Bukit Klenteng. Endapan aluvial merupakan endapan termuda terdiri atas pasir, lanau dan lempung yang menutupi kedua satuan batuan tersebut dengan menempati pada lembah sungai.

Struktur geologi yang teramati berupa kekar-kekar dan patahan normal yang diperkirakan berarah hampir utara-selatan. Gejala patahan ini ditandai oleh adanya pola perubahan jurus dan kemiringan lapisan batupasir sebagaimana yang teramati di sekitar Bukit Klenteng. Selain itu kekar-kekar yang terbentuk umumnya terisi oleh oksida besi/limonit.

Indikasi mineralisasi berupa urat/urat halus kuarsa dengan tebal 1 mm s.d. 3 cm, tidak beraturan dan saling berpotongan pada perselingan batupasir kuarsa dan meta batulempung. Mineral kasiterit teramati pada dua singkapan urat kuarsa dengan tebal 1 cm hingga 2,5 cm, agak transparan, kristalin dan tekstur *vugh* dan *comb*, jurus dan kemiringan N 100° E/50° dan N 65° E/55° seperti yang ditemukan di daerah Bukit Klenteng (Gambar 2b).



Gambar 2. (a) Singkapan kontak antara batupasir kuarsa dan batulempung dengan jurus dan kemiringan $N 280^{\circ} E/45^{\circ}$ di daerah Bukit Klenteng. (b) Urat kuarsa tipis berarah $N100^{\circ} E/50^{\circ}$ pada perselingan batupasir kuarsa dan meta batulempung mengandung mineral kasiterit di daerah Bukit Klenteng.

Selain itu hasil pelapukan bijih logam berupa *gossan* yang mengandung gutit, jarosit dan hematit juga ditemukan di sekitar daerah ini. Diduga terbentuknya *gossan* akibat dari proses pelapukan terhadap batuan termineralisasi dengan intensitas kuat urat-urat tipis dan kandungan besi yang tinggi sehingga memberikan warna merah dan kuning kecoklatan. Peta geologi daerah penelitian ditampilkan pada Gambar 3.

Hasil interpretasi dari lima lintasan geofisika polarisasi terimbas (IP) A sampai E dan magnetik menunjukkan adanya anomali tahanan jenis dan *chargeability*. Berdasarkan hasil interpretasi geofisika tersebut dilakukan pengeboran LB.01, LB.02, dan LB.03.

Titik pengeboran LB.01 berada pada lintasan C geofisika IP dengan ketinggian 38 m di atas permukaan laut merupakan lokasi pengeboran yang berjarak ± 700 m arah barat laut dari titik pengeboran LB.02. Kondisi geologi permukaan ditempati oleh satuan batuan malihan berupa perselingan batusabak, batulumpur serpih, batulanau, tufa, rijang yang merupakan bagian dari Formasi Kelapakampit berumur Permo-Karbon. Mineralisasi di sekitar titik pengeboran ini adalah *hydrous iron oxide* (gutit).

Interpretasi lintasan C geofisika IP memperlihatkan pola yang cenderung merendah ke arah timurlaut (Gambar 4). Di bagian atas dekat permukaan didominasi oleh nilai tahanan jenis dan *chargeability* yang rendah. Nilai tahanan jenis rendah diperkirakan berasosiasi dengan batuan sedimen. Nilai tahanan jenis tinggi di sebelah baratdaya diperkirakan berasosiasi dengan batuan yang bersifat resistif. Hasil interpretasi mulai pada kedalaman 69 m, 101 m, 136 m, 100 m dan 175 m diduga sebagai batuan granit pembawa timah (Azis, dkk., 2014).

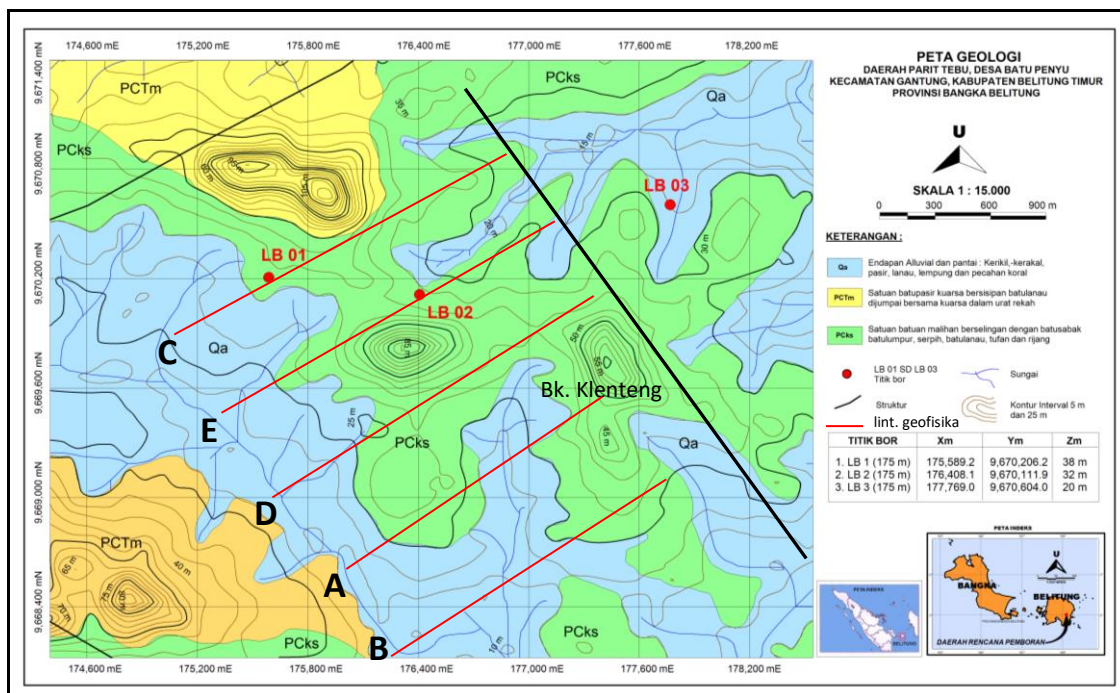
Titik pengeboran LB.02 terletak pada lintasan E geofisika IP pada ketinggian 32 m di atas permukaan laut. Kondisi geologi permukaan ditempati oleh satuan batuan malihan terdiri perselingan batusabak, batulumpur, serpih dan batulanau. Mineralisasi yang ditemukan berupa oksida besi dan hematit. Hasil analisis kimia contoh batuan menunjukkan kandungan 20 ppm Li dan 400 ppm Sn (Soepriadi, dkk., 2014).

Interpretasi lintasan E geofisika IP menunjukkan sebaran tahanan jenis dan *chargeability* didominasi oleh nilai tahanan jenis dan *chargeability* yang rendah (Gambar 5). Nilai tahanan jenis rendah ini mengindikasikan batuan yang bersifat

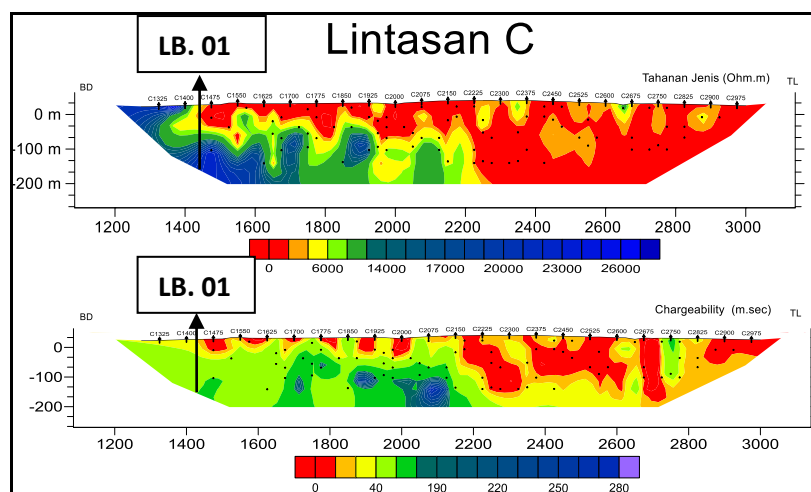
konduktif, yang diduga berupa batuan sedimen. Nilai *chargeability* rendah mengindikasikan sedikitnya kandungan mineral sulfida yang dapat menyimpan arus. Di bagian bawah sebelah baratdaya terlihat ada anomali berupa nilai tahanan jenis tinggi (>10.000 Ohm.m) yang menunjukkan keberadaan batuan granit (Azis, dkk., 2014).

Titik pengeboran LB.03 terletak pada

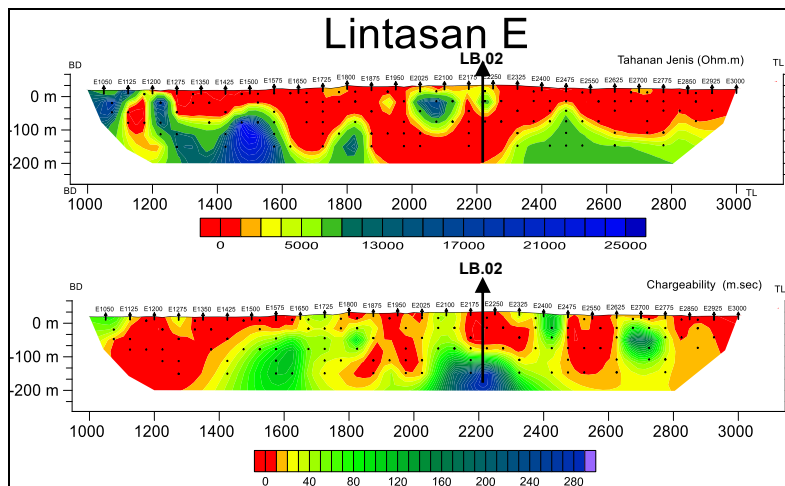
lintasan E geofisika IP berjarak sekitar 1.200 m ke arah timurlaut dari titik pengeboran LB.02. Kondisi geologi permukaan ditempati oleh satuan endapan aluvial yang didominasi oleh lempung dan lanau. Titik pengeboran LB.03 yang didukung dengan analisis anomali magnet menunjukkan kesinambungan ke arah atas (*upward continuation*) dengan ketinggian bervariasi dari 25 m hingga 100 m (Gambar 6) (Azis, dkk., 2014).



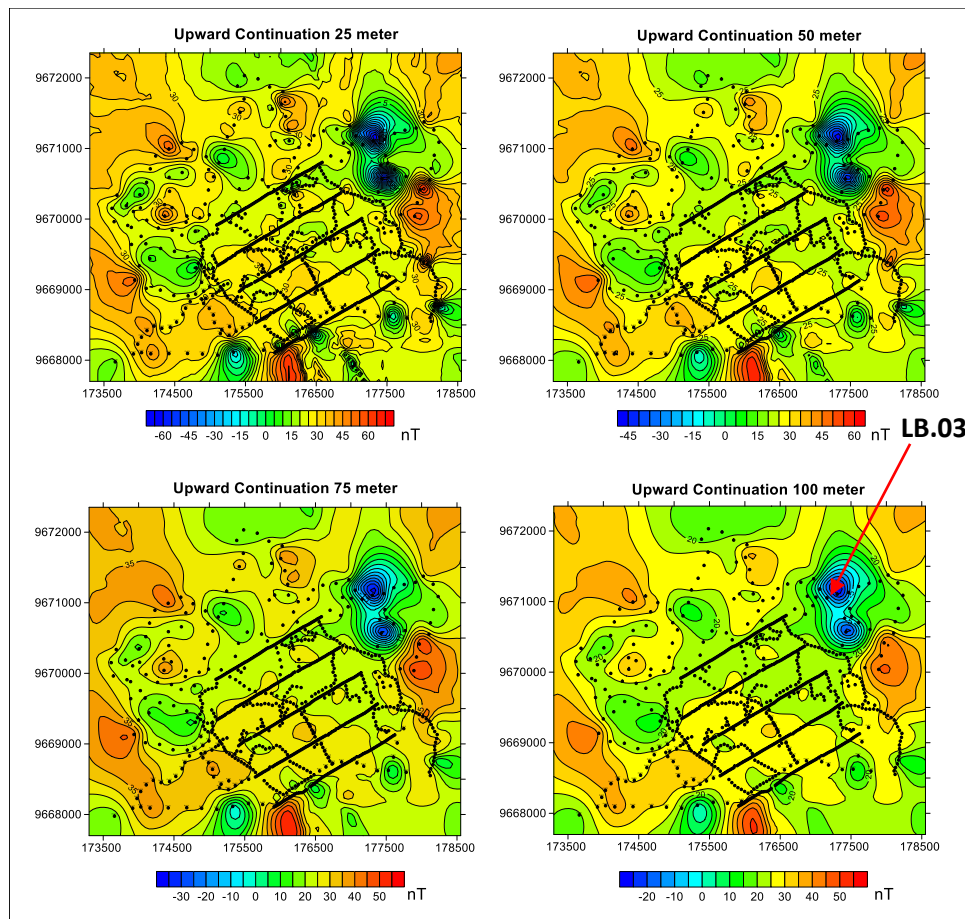
Gambar 3. Peta geologi, lintasan geofisika (A-E) dan lokasi titik pengeboran (LB.01, LB.02, LB.03) daerah Parit Tebu, Kecamatan Gantung, Kabupaten Belitung Timur, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung (Soepriadi, dkk., 2015).



Gambar 4. Peta hasil penafsiran geofisika lintasan C daerah Parit Tebu Titik Bor LB.01 (Azis, dkk., 2014).



Gambar 5. Peta hasil penafsiran geofisika lintasan E daerah Parit Tebu lokasi titik bor LB.02 (Azis, dkk., 2014)



Gambar 6. Lokasi titik pengeboran LB.03 dan peta anomali magnetik memperlihatkan kesinambungan ke atas (*upward continuation*) dengan ketinggian yang bervariasi, dari 25 meter hingga 100 meter (Azis, dkk., 2014)

HASIL DAN ANALISIS

Pengamatan batuan dalam inti bor yang terdapat di daerah ini terutama LB.01 dan

LB.02 pada bagian atas merupakan endapan aluvial. Sedangkan pada LB.03 bagian atas ditutupi oleh endapan *gossan* (Soepriadi, dkk., 2015). Berikut

rangkuman kondisi geologi bawah permukaan dan mineralisasi pada tiga lubang bor dari permukaan hingga bagian paling bawah.

Titik Pengeboran LB.01

Pada kedalaman 00,00 m s.d. 10,50 m merupakan endapan aluvial yang terdiri atas pasir, pasir lempungan, lempung, berwarna putih kekuningan sampai kecoklatan dan bersifat lempungan dan limonitik.

Pada kedalaman 10,50 m s.d. 23,30 m terdiri dari batupasir kuarsa arenit dan berselingan dengan batulanau dengan struktur perlapisan masih nampak terlihat. Batupasir kuarsa arenit, berwarna coklat kekuningan, berukuran butir sedang dengan bentuk butir membulat dengan kemas tertutup dan pemilahan sedang. Batuan agak lapuk dan mineral kuarsa dominan selebihnya felspar. Gejala terkekarkan nampak terlihat dan *hireline* dari mineral besi serta retakan yang diisi oleh oksida besi dengan kerapatan 3% s.d. 5%.

Pada kedalaman 23,30 m s.d. 39,30 m terdiri dari batulanau berwarna kelabu dan berbutir halus. Batuan kondisinya kompak memperlihatkan perlapisan dengan sisipan batupasir kuarsa tebal 40 cm, berwarna coklat-kekuningan dan

mempunyai ukuran butir halus-sedang serta terkekarkan. Pada batupasir terlihat *hair line* dari mineral besi dengan kerapatan 1% dan urat halus kuarsa tebal 3 mm, *barren* dengan orientasi 45° terhadap sumbu inti pengeboran.

Pada kedalaman 39,30 m s.d. 80,80 m terdiri dari batupasir kuarsa arenit berwarna kuning sampai kecoklatan dan mempunyai ukuran butir sedang dengan bentuk butir membulat. Batuan memperlihatkan kemas tertutup dan pemilahan sedang. Gejala struktur nampak banyak batuan terkekarkan. Selain itu terdapat sisipan batulanau berwarna kelabu dan kompak. Di beberapa bagian seperti pada kedalaman 51,30 m teramati *hair line* mineral besi/timah agak intensif dengan kerapatan sekitar 5% yang dipotong oleh urat halus kuarsa dengan tebal 1 mm s.d. 3 mm, *barren* dan orientasi 70° s.d. 80° terhadap sumbu inti bor (Gambar 7).

Dari hasil pemeriksaan sayatan tipis batuan menunjukkan tekstur klastik, *close-open packing*, sortasi baik-sedang, berbutir sangat halus hingga berukuran 0,5 mm, bentuk butir menyudut tanggung-membundar tanggung, diisi oleh fragmen kuarsa (82%) dan felspar (*trace*) dengan semen ilit (3%) di dalam matriks mineral lempung (15%) (Gambar 8).



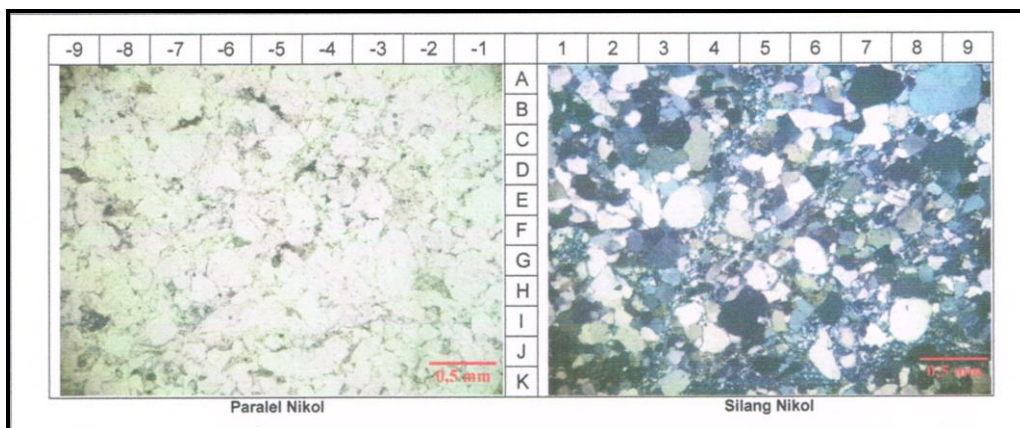
Gambar 7. Batupasir kuarsa arenit dengan *hair line* mineral besi/timah yang dipotong oleh urat kuarsa pada lubang pengeboran LB.01 kedalaman 51,30 m

Pada kedalaman 76,80 m terdapat urat halus kuarsa dengan mineral pirit yang mengisi dalam retakan dan sedikit kloritisasi. Urat halus ketebalan 1 mm s.d. 3 mm, dengan orientasi 50° terhadap sumbu inti bor dan kerapatan 5%. Hasil analisis mineragrafi conto BT/LB.01/014/2015 teridentifikasi mineral pirit (3%), kalkopirit (*trace*), sfalerit (<0,5%) dan kasiterit (<0,5%). Tampak sfalerit menggantikan pirit (Gambar 9). Sedangkan dari hasil analisis kimia menunjukkan kandungan 5 ppm Sn.

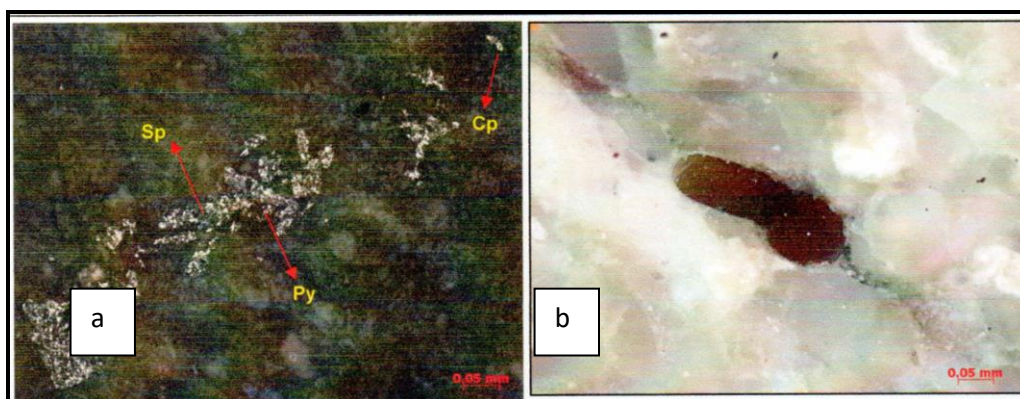
Pada kedalaman 80,80 m s.d. 137,50 m terdiri dari batupasir kuarsa, kelabu-kehijauan, butir sedang, setempat memperlihatkan sedikit tekstur granoblastik, dipotong oleh urat halus kuarsa, kompak. Pada kedalaman 111,50 m s.d. 111,80 m urat halus kuarsa tebal 0,3 cm, tekstur *vugh-comb*,

mineralisasi pirit dan epidot, dengan orientasi 80° s.d. 90° terhadap sumbu inti bor. Sebagian berselingan dengan batulanau, kelabu kehijauan setempat terkekarkan dan milonitisasi.

Pada Kedalaman 137,50 m s.d. 175,0 m terdiri dari perselingan batupasir kuarsa dan batulanau, hijau kelabu, butir halus, berlapis baik. Setempat sisipan batupasir kuarsa, putih kelabu, butir halus-sedang, bentuk butir membulat, kemas tertutup, kompak. Pada bagian dasar terdapat batulanau, kehijauan, butir halus, terkekarkan, *brittle*. Urat kuarsa tebal 1 mm s.d. 2 mm, *vugh*, klorit pada tepi urat, mengandung pirit dalam retakan (1%) dengan ubahan kloritisasi yang agak intensif. Pada kedalaman 161.70 m urat mengandung pirit, sphalerit, tebal 0,4 cm, kloritisasi, 10° s.d.15° terhadap sumbu inti bor.



Gambar 8. Foto mikrograf batupasir kuarsa arenit tersusun oleh kuarsa (A,9; I 8), felspar semen ilit dan matriks mineral lempung (BT/LB.01/029/2015).



Gambar 9. a) Fotomikrograf sayatan poles pirit (Py), sfalerit (Sp) dan kalkopirit (Cp) dalam masa batuan. b) Fotomikrograf sayatan poles kasiterit dalam masa batuan

Titik Pengeboran LB.02

Pada kedalaman 00,00 m s.d. 17,40 m merupakan endapan aluvial yang terdiri dari pasir, pasir lempungan, lempung, kuning kecoklatan-merah, lempungan dan beberapa mengandung material batupasir teroksidasi.

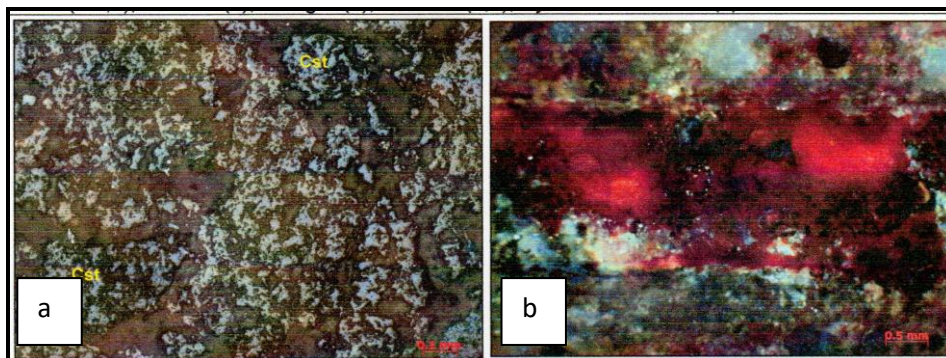
Pada kedalaman 17,40 m s.d. 54,95 m terdiri dari batupasir kuarsa, coklat-kemerahan, berbutir sedang, dominan kuarsa sedikit lempung, kemas tertutup, pemilahan sedang, bentuk butir membulat, sisipan batu lempung-lanau, kelabu kecoklatan agak lapuk, butir halus, kompak. Pada kedalaman 28,35 s.d. 30,00 m teramati urat tipis kuarsa tebal 0,5 cm s.d. 1,0 cm, putih susu, masif-struktur *vugh*, *barren*, kloritisasi di sekitar urat, orientasi 50° terhadap sumbu inti dan teramati juga *hair line* mineral besi/timah dengan kerapatan 3%.

Pada kedalaman 54,95 m s.d. 84,0 m terdiri dari perselingan batupasir kuarsa-lanau, kelabu, berbutir halus, pemilahan sedang, kemas tertutup, agak lapuk, tampak struktur lapisan, sedikit terkekarkan. Pada kedalaman 70,00 m s.d. 70,10 m urat kuarsa dan klorit tebal 0,1 cm s.d. 0,5 cm mengisi retakan dan mengandung mineral besi/timah dengan kerapatan 5% serta orientasi 70° terhadap sumbu inti bor. Dari hasil analisis mineragrafi conto BT/LB.02/013/2015 teridentifikasi mineral kasiterit (0,5%), pirit

(<0,5%), hematit (1%), realgar (2%), dan *hydrous iron oxide* (Gambar 10a). Sedangkan mineral realgar terlihat berupa urat halus dalam masa batuan (Gambar 10b). Hasil analisis kimia menunjukkan kandungan 15 ppm Sn.

Pada kedalaman 80,00 m terdapat retakan 1 mm s.d. 5 mm, agak intensif yang terisi oksida besi, kuarsa dan bercak pirit dengan orientasi 45° terhadap sumbu inti bor. Selain itu teramati pula *hair line* dari mineral molibdenit (Gambar 11). Dari hasil analisis mineragrafi conto BT.02/022/2015 teridentifikasi mineral gutit (0,5%), pirit (<0,5%), molibdenit (1,5%), dan *hydrous iron oxide* (2%) (Gambar 12a). Teramati pula molibdenit berupa urat dalam masa batuan (Gambar 12b). Sedangkan dari hasil analisis kimia kandungan mencapai 2 ppm Mo dan 147 ppm Zn.

Pada kedalaman 84,0 m s.d. 141,50 m terdiri dari batupasir kuarsa kelabu-kehijauan yang berselingan dengan batulanau berwarna kelabu kehijauan setempat tersesarkan dengan munculnya milonitisasi. Di beberapa tempat seperti pada kedalaman 104,30 m, batuan ini dipotong oleh urat kuarsa putih susu, tebal 0,4 cm, bersifat kompak dan *barren* dengan orientasi 20° s.d. 40° terhadap sumbu inti bor. Urat kuarsa ini memotong *hair line* mineral besi. Kemudian keduanya dipotong oleh urat kuarsa tebal 1 mm, sedikit pirit, masif sampai *vugh* dengan orientasi 80° terhadap sumbu inti bor.



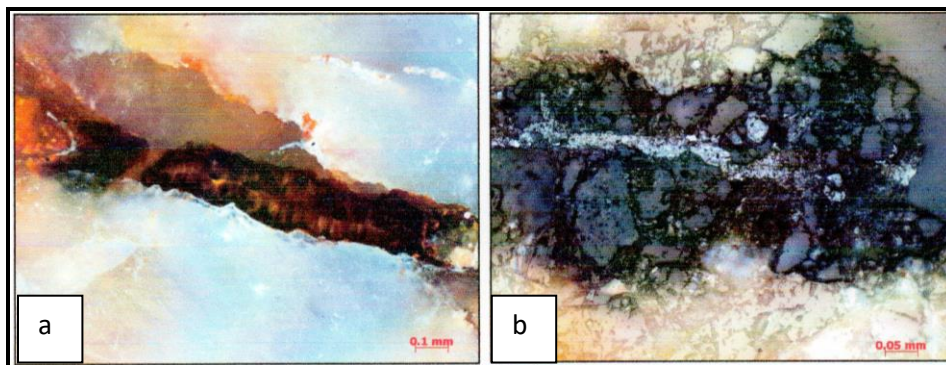
Gambar 10. a) Fotomikrograf sayatan poles kasiterit (Cst) dalam masa batuan.
b) Fotomikrograf sayatan poles realgar dalam massa batuan terlihat refleksi dalam berwarna orange kemerahan.

Pada kedalaman 131,35 m teramati adanya urat tipis kuarsa 1 s.d. 2 mm, bercak pirit, *vugh* dengan orientasi 45° terhadap sumbu inti bor yang memotong *hair line* mineral besi / timah. Juga bercak pirit teramati dalam masa batuan (Gambar 13). Hasil analisis dari conto nomor BT/LB.02/048/2015 menunjukkan kandungan 18 ppm Sn, 126 ppm Pb, 184 ppm Zn dan 3,01% Fe.

Pada kedalaman 141,50 s.d. 175,00 m terdiri dari terdiri atas metabatupasir kuarsa/kuarsit berwarna hijau-kelabu, keras dan kompak, memperlihatkan tekstur granoblastik dan rekristalisasi kuarsa yang dipotong urat kuarsa. Batuan ini dipotong urat kuarsa dengan tebal 1 mm s.d. 2 mm, tekstur *vugh* dan mengandung klorit pada tepi urat, serta pirit dalam retakan (1%) dengan ubahan kloritisasi yang agak intensif.



Gambar 11. Urat kuarsa yang mengandung oksida besi dan molibdenit pada batupasir kuarsa lubang pengeboran LB.02 kedalaman 80,20 s.d. 80,40 m



Gambar 12. a) Fotomikrograf sayatan poles gutit dalam masa batuan.
b) Fotomikrograf sayatan poles molibdenit dalam masa batuan



Gambar 13. Urat kuarsa dengan bercak pirit memotong *hair line* mineral besi/timah conto BT/LB.02/046/2015

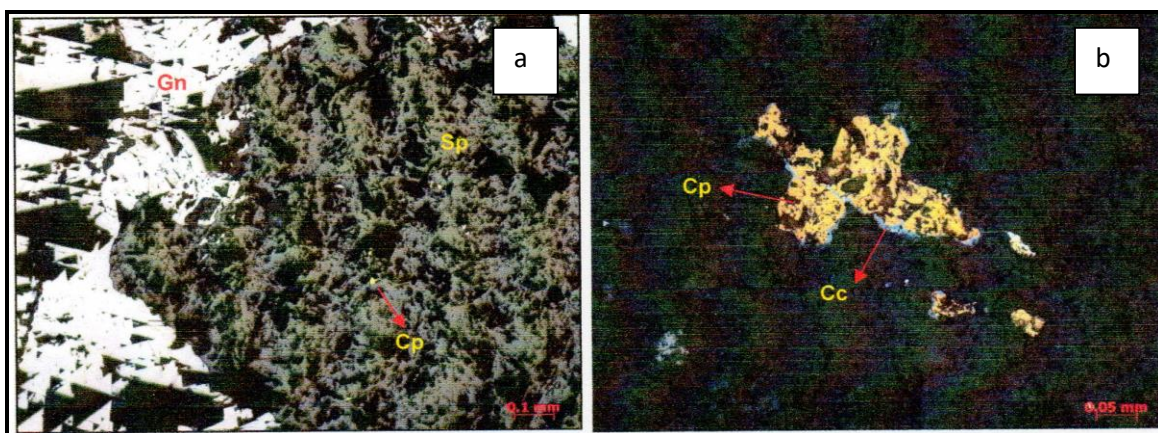
Pada kedalaman 160 m s.d. 161 m teramati kloritisasi dalam urat tipis berasosiasi dengan kuarsa, *hair line* mineral besi agak intensif dengan kerapatan 4%. Selain itu bercak pirit teramati dalam masa batuan dan urat tipis. Pada kedalaman 161,70 m urat kuarsa mengandung pirit, sfalerit dan klorit serta tebal 0,4 cm dengan orientasi 10° s.d. 15° terhadap sumbu inti bor.

Pada kedalaman 170.10 m teramati ubahan silisifikasi dan terdapat urat kuarsa polimetalik (galena, sfalerit, pirit dan

kasiterit), tebal 0,5 cm s.d. 0,7 cm dengan orientasi 80°-70° terhadap sumbu inti bor. Mineral sulfida yang teramati antara lain galena, sfalerit, pirit dan kasiterit (Gambar 14). Hasil analisis mineragrafi conto BT/LB.02/065/2015 teridentifikasi mineral pirit (1%), kalkopirit (1%), sfalerit 3%), galena (7%) dan kalkosit (0,5%) (Gambar 15a). Tampak kalkosit merupakan mineral hasil oksidasi dari kalkopirit (Gambar 15b). Sedangkan dari hasil analisis kimia menunjukkan kandungan 306 ppm Pb dan 147 ppm Zn.



Gambar 14. Urat kuarsa polimetalik mengandung galena, pirit dan sfalerit pada lubang pengeboran LB.02 kedalaman 170,10 m



Gambar 15. a) Fotomikrograf sayatan poles galena (Gn), sfalerit (Sp) dan kalkopirit (Cp) dalam masa batuan. b) Fotomikrograf sayatan poles kalkopirit (Cp) dan kalkosit (Cc) dalam masa batuan

Titik Pengeboran LB.03

Pada kedalaman 0,00 m s.d. 03,10 m terdiri dari gossan, coklat kemerahan sebagian lempungan, fragmen dari hematit, gutit dan urat-urat limonit. Pada kedalaman 03,10 s.d. 24,90 m terdiri dari Lempung dan lempung pasir, setengah lapuk, merah kecoklatan, sedikit ada fragmen batu lempung coklat. Pada kedalaman 24,90 s.d. 87,90 m terdiri dari batupasir kuarsa, butir sedang, bentuk membulat, kelabu kecoklatan, terkekarkan kuat, dominan kuarsa dan sedikit felspar, fragmen kuarsa dalam matrik silika. Pada beberapa bagian berselingan dengan batu lempung tufaan dan batulanau butir halus

kelabu sebagian kecoklatan, terkekarkan dan terisi oleh oksida besi beberapa berupa menjaring. Pada kedalaman 27,00 m s.d. 27,90 m terdapat urat kuarsa mengandung pirit, tebal 1 mm s.d. 3 mm, kloritisi dan dan sebagian *hair line* besi/timah. Pada kedalaman 61,10 m s.d. 66,0 m terdapat urat kuarsa masif, putih susu, tebal 2 cm, mengandung bercak pirit, pada tepi urat ada klorit dan *hair line* besi/galena dengan kerapatan 1% dan zona breksiasi urat kuarsa, masif, limonitik (Gambar 16). Hasil analisis kimia pada conto nomor BT/LB.03/021/2015 menunjukkan kandungan 60 ppm Sn dan 353 ppm Pb.



Gambar 16. Zona breksiasi dengan matrik yang terisi oleh silika dan urat kuarsa terbreksikan pada kedalaman 61,00 m s.d. 66,00 m di LB.03

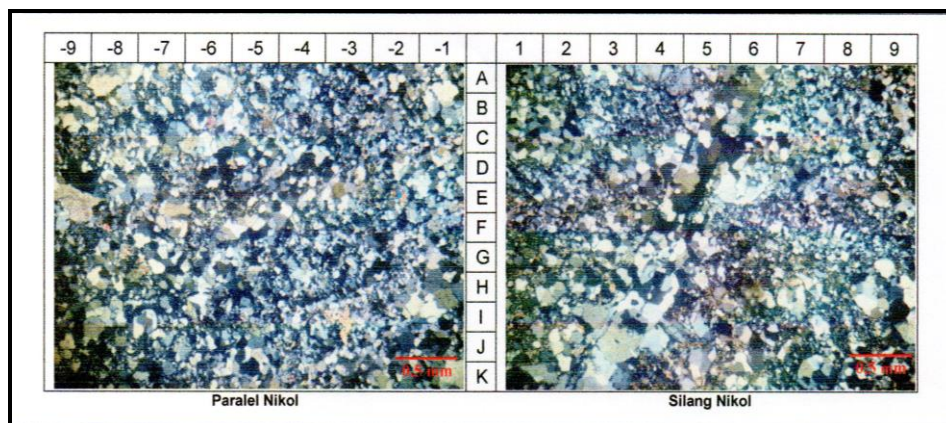
Pada kedalaman 87,90 m s.d. 164,80 m terdiri dari batupasir kuarsa kelabu, butir sedang, bentuk membulat, kemas terbuka, pemilahan sedang, dipotong oleh urat kuarsa. Pada 107,50 m terdapat gejala *sheared* akibat patahan. Pada kedalaman 111,0 m s.d. 115,0 m, limonitik kuat dan sebagian membentuk jarosit dengan urat halus besi/timah kerapatan 1%. Selain itu urat tipis kuarsa tebal 1 mm s.d. 2 mm, kristalin, sedikit mengandung mineral besi/timah, orientasi 60° terhadap sumbu inti bor. Di beberapa bagian terdapat sisipan batulanau, kelabu-kecoklatan, terbreksikan, dengan fragmen menyudut dalam matrik lempung, diduga pada zona patahan. Pada kedalaman 141,40 m s.d. 143,40 m batupasir kuarsa dengan ubahan limonitik kuat, banyak mengandung *hair line* mineral besi/timah dan sedikit pola menjaring yang terisi limonit dengan kerapatan 30%. Mulai kedalaman 147,90 m terdapat ubahan kloritisasi kuat, serisit pada masa batuan dengan *hair line* mineral besi/timah dengan kerapatan 30% .

Pada kedalaman 164,80 m s.d. 175,0 m terdiri dari meta batupasir kuarsa/kuarsit dengan sisipan batulanau, kehijauan, granoblastik. Pada masa batuan teramati bercak pirit dengan urat tipis kuarsa dan serisit, tebal 1mm, ubahan kloritisasi kuat dan terdapat *hair line* mineral besi/timah.

Setempat batuan ini diterobos oleh granit aplitik sebagaimana yang dijumpai pada

kedalaman 170,80 m. Dari pemeriksaan sayatan tipis pada conto BT/LB.03/053/2015 menunjukkan tekstur kristalin, *sugary, mosaic interlocking, fractured*, berbutir halus hingga berukuran 0,3 mm, bentuk butir subhedral-anhedral, disusun oleh fenokris kuarsa (80%), muskovit (4%) dan mineral opak (2%), berasosiasi dengan klorit (8%) dan serisit (6%). Juga terlihat terobosan urat kuarsa (Gambar 17).

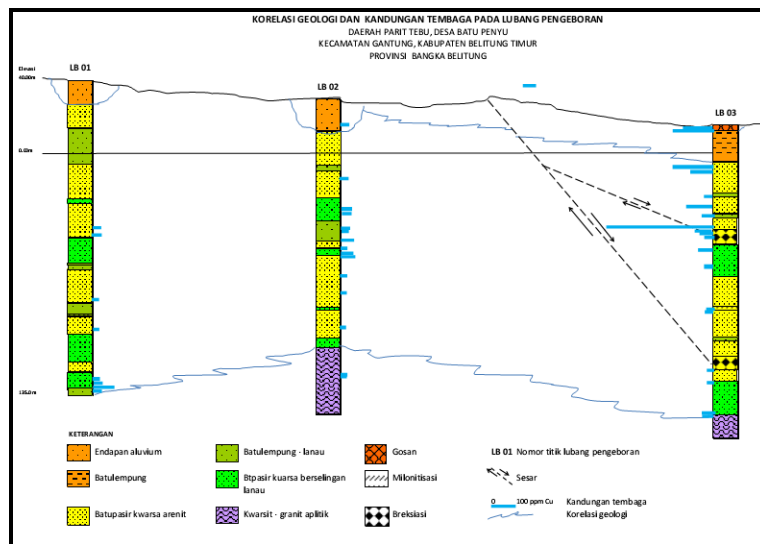
Berdasarkan rekonstruksi dari hasil ketiga titik pengeboran terlihat kecenderungan batuan kuarsit-granit aplitik umumnya hanya berkembang pada bagian bawah dari inti bor. Pola pengembangan batuan ini juga diikuti oleh pola penyebaran ubahan kloritisasi pada batuan. Sedangkan indikasi pola kelurusan urat kuarsa polimetalik yang mengandung mineralisasi galena, sfalerit dan besi sebagaimana dijumpai pada lubang pengeboran LB.02 nampaknya mengarah ke barat sehingga memotong pada lubang pengeboran LB.01. Kemungkinan urat ini juga diperkirakan memotong lubang pengeboran LB.03 namun pada tempat yang lebih dalam. Piritisasi dalam bentuk bercak pirit dan beberapa berupa pengisian retakan terdapat hampir di semua lubang pengeboran. Namun intensitas piritisasi menunjukkan gejala yang berbeda.



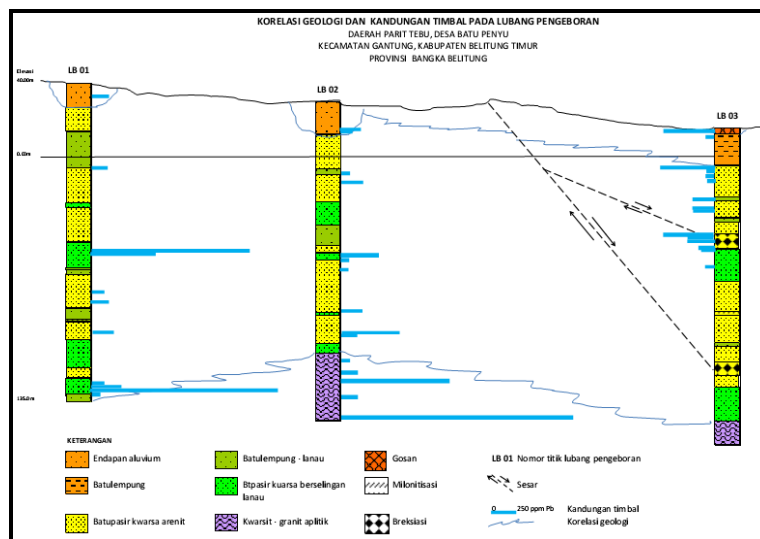
Gambar 17. Fotomikrograf granit aplitik tersusun oleh kuarsa (H,9; J,3), muskovit (E,-2), serisit, klorit dan mineral opak.

Sebagian pirit kubik yang diduga berhubungan dengan zona patahan terdapat pada lubang pengeboran LB.03. Sedangkan sebagian lainnya adalah pirit yang kemungkinan terbentuk akibat dari proses malihan yang berasosiasi dengan sebaran batuan kwarsit akibat terobosan batuan aplit granit. Hasil analisis XRF batuan aplit granit (BT/LB.03/053/2015) memperlihatkan kandungan 88,90% SiO₂; 6,25% Al₂O₃; 0,01% Na₂O; 0,43% K₂O; 0,013 CaO; 0,76% FeO dan 2,24% MgO (Tabel 1).

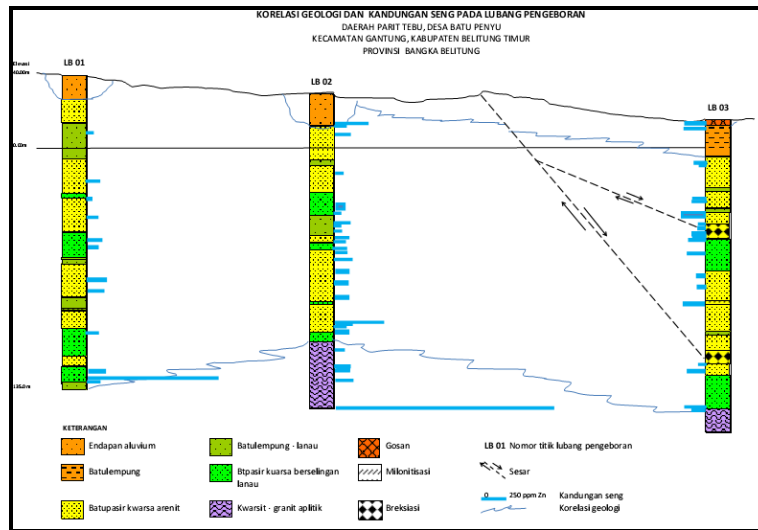
Hasil analisis kimia pengeboran inti menunjukkan sebaran rinci kandungan tembaga pada tiap penampang lubang pengeboran paling tinggi terdapat pada LB.03 hingga mencapai 441 ppm Cu (Gambar 18). Sedangkan untuk kandungan timbal terdapat pada LB.02 yang mencapai 2280 ppm Pb (Gambar 19) dan kandungan seng pada LB.02 mencapai 2430 ppm Zn (Gambar 20). Untuk sebaran kandungan timah menunjukkan bahwa konsentrasi timah lebih banyak berada pada lubang pengeboran LB.03 hingga mencapai 60 ppm Sn (Gambar 21).



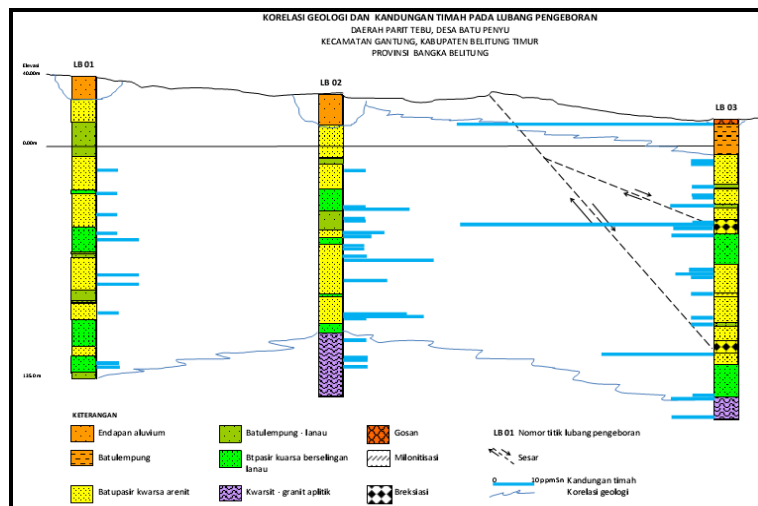
Gambar 18. Korelasi geologi dan kandungan unsur Cu pada lubang pengeboran (Soepriadi, dkk., 2015)



Gambar 19. Korelasi geologi dan kandungan unsur Pb pada lubang pengeboran (Soepriadi, dkk., 2015)



Gambar 20. Korelasi geologi dan kandungan unsur Zn pada lubang pengeboran (Soepriadi, dkk., 2015)



Gambar 21. Korelasi geologi dan kandungan unsur Sn pada lubang pengeboran (Soepriadi, dkk., 2015)

Tabel 1. Hasil analisis XRF conto batuan inti pengeboran

NO.	METODA	KF-III.32.20 IKNL										ASTM C-25-2006 SNI 7574-2010			
		KODE	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	SO ₃	H ₂ O	HD
		CONTO	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
1	BT/LB.01/021/2015		89.75	6.80	0.60	0.25	1.86	0.01	0.70	0.28	0.08	0.12	0.00	1.22	0.14
2	BT/LB.01/037/2015		88.43	7.26	0.70	0.23	1.99	0.01	0.63	0.31	0.10	0.11	0.00	1.10	0.05
3	BT/LB.01/040/2015		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
4	BT/LB.01/047/2015		67.42	16.13	1.91	1.88	2.90	0.01	4.46	0.74	0.71	0.20	0.02	5.02	0.42
5	BT/LB.02/038/2015		86.52	9.65	0.47	0.17	1.22	0.01	1.98	0.30	0.04	0.04	0.00	1.16	0.06
6	BT/LB.02/071/2015		85.26	10.36	0.72	0.16	1.52	0.01	1.44	0.34	0.19	0.09	0.00	1.51	0.08
7	BT/LB.03/035/2015		92.33	5.31	0.82	0.09	1.37	0.01	0.34	0.21	0.04	0.04	0.00	0.99	0.18
8	BT/LB.03/053/2015		88.90	6.25	0.76	0.13	2.24	0.01	0.43	0.25	0.10	0.08	0.00	1.11	0.11

PEMBAHASAN

Proses mineralisasi cebakan timah primer di daerah Pulau Belitung berhubungan dengan larutan hidrotermal yang

dihasilkan oleh intrusi batuan berkomposisi asam (granit tipe S). Di daerah Tikus mineralisasi timah primer mempunyai tipe greisen ditemukan dalam batuan granit Tanjung Pandan yang

merupakan granit tipe-S berumur Trias. Selain itu di daerah Batubesi terdapat mineralisasi timah yang berasosiasi dengan logam dasar dalam cebakan tipe skarn akibat kontak antara batuan diorit kuarsa Batubesi berumur Kapur dengan batuan metasedimen (Anonim, 2001).

Berdasarkan evaluasi dari lubang pengeboran LB.01, LB.02 dan LB.03 di daerah penelitian, mineralisasi timah primer secara kasat mata tidak nampak jelas. Hal ini sangat berbeda dengan mineralisasi yang teramati di permukaan dimana dalam singkapan batupasir kuarsa arenit mineralisasi berasosiasi dengan urat kuarsa tipis, transparan-kristalin yang mengandung kasiterit, monasit, hematit dan gutit. Namun demikian ada beberapa pengamatan dalam batuan inti pengeboran mineralisasi timah hadir bersama dengan besi dalam bentuk urat halus / *hair line* yang banyak memotong dalam batupasir arenit maupun perselingan batupasir-lanau. Hal ini nampak jelas terlihat pada fenomena urat halus / *hair line* tersebut, sebagian urat halus berubah menjadi limonit/oksida besi yang berwarna coklat, sedangkan yang lainnya tetap berwarna hitam yang diduga mengandung kasiterit dan galena berukuran halus. Setempat juga teramati ada bercak mineral pirit. Hasil pemeriksaan mineragrafi terlihat kasiterit hadir tersebar tidak merata dalam masa batuan dan berupa urat-urat halus yang berasosiasi dengan realgar, pirit, sfalerit, galena dan kalkopirit. Selain itu juga teramati adanya urat halus yang terisi oleh mineral realgar dan molibdenit.

Mineralisasi cebakan timah primer di sekitar daerah penelitian diawali dengan pembentukan *hair line* dan sebagian urat kuarsa mengandung timah yang merupakan tahap pertama proses mineralisasi di daerah ini. Kemudian proses mineralisasi tahap kedua yang diperkirakan berhubungan dengan intrusi adamelit Baginda yang berumur Jura. Sisa larutan hidrothermal ini yang menyebabkan terbentuknya urat kuarsa berwarna putih susu dan sedikit

mengandung bercak pirit. Urat-urat kuarsa ini dalam batuan terlihat memotong *hair line* mineral besi yang terbentuk pada tahap pertama. Akibat terobosan ini larutan yang melalui zona patahan kemungkinan dapat membentuk mineralisasi besi yang dominan baik dalam bentuk pengisian rekahan maupun bijih. Hal ini terlihat ditemukannya zona patahan yang matriknya terisi oleh kuarsa putih susu dan masif. Mineralisasi yang teramati hanya bercak pirit dan oksida besi. Selain itu juga ditemukannya *gossan* dengan mineral hematit, gutit dan oksida besi.

Proses mineralisasi yang terakhir diperkirakan akibat terobosan batuan diorit kuarsa Batubesi yang juga berumur Kapur. Mineralisasi yang terbentuk lebih banyak ditemukan dalam kuarsit. Sebagian ditemukan juga dalam batupasir kuarsa arenit berselingan dengan batulanau. Tipe mineralisasi berupa urat halus/urat kuarsa yang mengandung mineral galena, sfalerit, pirit, kalkopirit, kasiterit, realgar dan molibdenit. Hadirnya mineral realgar dan molibdenit pada mineralisasi polimetalik menunjukkan bahwa pembentukannya berhubungan dengan urat hidrothermal (Whitten, dkk., 1972). Selain itu mineral klorit juga teramati pada sekitar urat halus dan pada masa batuan. Urat kuarsa ini dalam batuan memotong *hair line* besi dan urat kuarsa masif yang terbentuk pada tahap pertama dan kedua.

Dari hasil pengeboran hanya satu lubang yang terindikasi menembus batuan beku yaitu berupa granit aplitik pada LB.03 yang diperkirakan sebagai bagian dari intrusi diorit kuarsa Batubesi sehingga diduga telah mengakibatkan terbentuknya meta batupasir/kwarsit yang diikuti dengan mineralisasi polimetalik tipe urat mengandung kasiterit, galena, sfalerit, pirit dan kalkopirit.

Hasil analisis XRF batuan aplit granit (BT/LB.03/053/2015) memperlihatkan kandungan 88,90% SiO₂; 6,25% Al₂O₃; 0,01% Na₂O; 0,43% K₂O; 0,013 CaO;

0,76% FeO dan 2,24% MgO. Menurut Chappel dan White (1974) granit tipe-I memiliki natrium yang relatif tinggi, Na₂O lebih besar dari 3,2% dalam batuan felsik dan menurun menjadi kurang dari 2,2% pada jenis batuan mafik. Sedangkan granit tipe-S memiliki natrium yang relatif rendah, Na₂O biasanya kurang dari 3,2% dalam batuan dengan kandungan sekitar 5% K₂O dan menurun menjadi kurang dari 2,2% dalam batuan dengan kandungan sekitar 2% K₂O. Selanjutnya telah ditentukan untuk membedakan dua tipe batuan granit tersebut dengan perbandingan molar (*molar ratio*): $Al_2O_3/(Na_2O+K_2O+CaO)$ untuk tipe-S hasilnya lebih besar dari 1,1 sedangkan untuk tipe-I kurang dari 1,1.

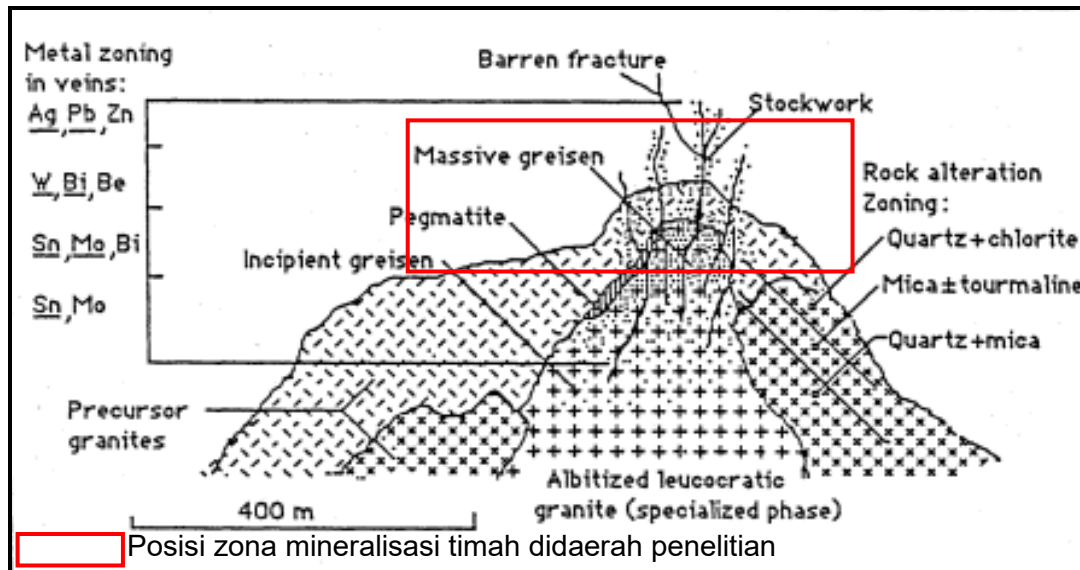
Berdasarkan penentuan tipe granit tersebut, hasil *molar ratio* pada conto di daerah penyelidikan mencapai 13,796 (>1,1). Dengan demikian maka dapat disimpulkan bahwa granit daerah penyelidikan termasuk ke dalam granit seri-ilmenit atau granit tipe-S. Terkait dengan tipe batuan granit di daerah penyelidikan, kemungkinan keterdapatan sumber daya mineral selain logam tanah jarang adalah endapan timah (tipe greisen) pada umumnya terjadi di dalam batuan granit seri-ilmenit atau granit tipe-S (Ishihara, 1980).

Model cebakan greisen terdiri atas kasiterit tersebar dan urat urat halus yang mengandung kasiterit, *stockwork*, lensa, pipa dan breksi dalam mineral *gangue* berkomposisi kuarsa, mika, florit dan topas. Cebakan urat dan greisen ditemukan dalam dan dekat dengan terbentuknya batuan plutonik yang mengandung REE, khususnya dekat dengan kontak batuan samping pada area *cupola* batolit granit timah termobilisasi dalam lingkungan asam yang rendah (Rose, dkk., 1979). Kasiterit adalah mineral bijih timah utama, sangat tahan terhadap pelapukan kimia dan fisika dan cenderung terkonsentrasi dalam endapan eluvial dan aluvial.

Kandungan mineral sulfida pada bijih timah umumnya rendah. Dalam bijih ini mineral sulfida utama meliputi pirit, kalkopirit, galena dan arsenopirit. Mineralisasi timah terdapat pada batupasir kuarsa arenit dan meta batulempung. Pengayaan kandungan timah tinggi teridentifikasi berasosiasi kuat dengan tembaga terdapat pada LB.03 yang hanya terkonsentrasi pada zona urat yang terbreksikan. Sedangkan kandungan timbal dan seng relatif tinggi terdapat pada LB.01 dan LB.02 yang merupakan pencerminan dari keberadaan urat logam dasar yang memotong batuan induk. Batuan induk dan bijih mungkin kaya molibdenum, thorium dan uranium dimana unsur-unsur ini termobilisasi dalam lingkungan asam yang tinggi.

Dari skema model cebakan tersebut nampaknya di daerah penelitian yang berkembang adalah cebakan timah tipe urat polimetalik yang berada pada bagian atas sistem pembentukan cebakan (Gambar 22).

Hasil survey geofisika sebaran anomali tahanan jenis (*resistivity*) dan *chargeability* pada lintasan E dimana lintasan ini melewati lokasi titik bor LB.02, menunjukkan nilai tahanan jenis rendah yang meningkat tinggi ke arah dalam. Nilai tahanan jenis rendah ini merupakan pencerminan batuan yang bersifat kurang resistif konduktif yaitu berupa batuan sedimen. Sedangkan nilai tahanan jenis yang tinggi merupakan pencerminan batuan yang lebih resistif dalam hal ini batuan metasedimen/kuarsit. Batuan yang mengandung mineral sulfida umumnya memiliki nilai tahanan jenis rendah (konduktif), sedangkan sifat kemagnetannya relatif lebih tinggi dari batuan di sekitarnya. Nilai *chargeability* rendah mengindikasikan sedikitnya kandungan mineral yang dapat menyimpan arus. Sedangkan *chargeability* tinggi relatif berhubungan keberadaan urat kuarsa yang mengandung galena, spalerit dan bercak pirit.



Gambar 22. Skema model cebakan timah primer (diadopsi dari Reed, 1986a)

Survei magnetik, gravity dan radiometrik dapat digunakan untuk menentukan area yang prospek adanya granit leucokratik (Hoover, dkk., 1992). Granit ini cenderung berasosiasi dengan gravity dan magnetik rendah mengandung jumlah unsur radioelemen (uranium, thorium dan potasium). Pada sekala cebakan dan kasus bijih dengan sulfida tinggi dapat digunakan audio-magnetotellurik, polarisasi terimbas (IP) dapat digunakan untuk memetakan variasi resistivity batuan karena kandungan mineral sulfida.

KESIMPULAN

Kondisi geologi bawah permukaan didominasi oleh batupasir kuarsa arenit, batulanau, perselingan batupasir kuarsa-lanau dan batu lempung yang sebagian diterobos oleh batu granit aplit terutama pada bagian bawah. Batuan tersebut selaras dengan respons geofisika yang menunjukkan *resistivity* dan *chargeability* yang umumnya bernilai rendah yaitu pada LB.01 dan LB.02. Pada LB.03 anomali magnetik yang muncul nampaknya mempunyai korelasi dengan batu granit aplit yang menerobos batuan metasedimen.

Mineralisasi timah primer (kasiterit) terdapat pada batupasir kuarsa arenit dan metabatulempung yang mempunyai cebakan tipe urat polimetalik berasosiasi dengan realgar, molibdenit, galena, tembaga dan sfalerit dalam mineral *gangue* kuarsa. Kandungan timah dan tembaga relatif tinggi terkonsentrasi hanya pada zona urat kuarsa yang terbreksikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi yang telah memfasilitasi kegiatan lapangan dan rekan-rekan tim eksplorasi yang membantu pengolahan data sehingga terwujudnya makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2001, Exploration report on Belitung Project, Belitung Island, Join Venture between PT. Timah and Herald Resources Ltd.
 Azis, Y.M., dan S. Widodo, 2014, Survei Polarisasi Terimbas (IP) dan Geomagnet Daerah Parit Tebu Kecamatan Gantung Kabupaten Belitung Timur, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.

- Baharudin dan Sidarto, 1995, Peta Geologi Lembar Belitung, Sumatera, skala 1: 250.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Chappel, B.W., and White, A.J.R., 1974. Two contrasting granite types, *Pacific Geol.*, 8, 173-174.
- Hoover, D.B., Heran, W.D., and Hill, P.L., 1992, The geophysical expression of selected mineral deposit models: U.S. Geological Survey Open-File Report 92-557, 129 p.
- Ishihara, S., 1980, Granitic Magmatism and Related Mineralization, *Mining Geology Special Issue No.8*, 1980, The Society of Mining Geology of Japan, p. 13-28.
- Lehmann, B., 1990, Metallogeny of Tin. Lecture notes in Earth Sciences., 32. Springer-Verlag, Berlin.
- Reed, B.L., 1986 a, Descriptive model of Sn veins, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds, *Mineral deposit models*; U.S. Geological Survey Bulletin 1963, p.70.
- Rose, A.W., Hawkes, H.E., and Webb, J.S., 1979, *Geochemistry in mineral exploration*: Academic Press, 657 p.
- Schwartz, M.O. dan Surjono, 1990. The Stratabound deposit of Namsalu Kelapakampit, Indonesia. *Econ. Geol.* 95. 76-98.
- Soepriadi dan Abidin, H.Z., 2014, Laporan Penyelidikan Untuk Menentukan Wilayah Pengeboran Eksplorasi Mineral Logam Timah Primer Dan Logam Lainnya, Daerah Parit Tebu dan Lintang, Kecamatan Gantung, Kabupaten Belitung Timur, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi Bandung.
- Soepriadi dan Bambang. P., 2015, Laporan Penelitian dan Evaluasi Hasil Pengeboran Logam Timah Primer di Daerah Parit Tebu, Kecamatan Gantung, Kabupaten Belitung Timur, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi, Bandung.
- Whitten, D.G.H., and Brooks, J.R.V., 1972, *Dictionary of Geology*, Penguin Books Ltd., London.

Diterima	: 6 Juni 2016
Direvisi	: 18 Juli 2016
Disetujui	: 15 Agustus 2016

**KEMATANGAN TERMAL DAN ESTIMASI KANDUNGAN MINYAK ENDAPAN SERPIH
FORMASI SINAMAR DI DAERAH DUSUN PANJANG, PROVINSI JAMBI**

**THERMAL MATURITY AND OIL CONTENT ESTIMATE FROM SHALE IN SINAMAR
FORMATION AT DUSUN PANJANG AREA, JAMBI PROVINCE**

Robet Lumban Tobing

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi
Jalan Soekarno Hatta No. 444, Bandung
trebor_dim@yahoo.co.id

ABSTRAK

Formasi Sinamar diperkirakan berumur Oligosen berada pada Cekungan Busur Belakang. Dari hasil pemetaan geologi di lapangan ditemukan 14 lokasi singkapan serpih dengan ketebalan berkisar 10 hingga >25 meter. Secara megaskopis, conto serpih berwarna abu-abu kecoklatan hingga abu-abu kehitaman, struktur laminasi, menyerpih, keras-getas, setempat-setempat terdapat sisipan batupasir berbutir halus berwarna abu-abu kecoklatan. Berdasarkan data hasil analisis pirolisis dan maseral yang dilakukan pada 14 conto serpih mengindikasikan bahwa serpih tersebut mengandung material organik berkisar antara 0,14% hingga 16,95%, didominasi oleh kerogen Tipe I dan Tipe II yang memiliki kecenderungan untuk menghasilkan minyak. Secara mikroskopis, material-material organik tersebut terdiri dari maseral liptinit dan vitrinit berkisar antara <0,1 hingga 9,99% dan maseral inertinit antara <0,1 hingga 0,49%. Tingkat kematangan material organik dikategorikan belum matang (*immature*) hingga lewat matang (*over mature*). Berdasarkan data hasil analisis *fischer assay* yang dilakukan terhadap conto serpih diperoleh kandungan minyak dengan kisaran 5 hingga 90 liter minyak/ton serpih. Dari hasil penghitungan yang dilakukan dapat diperkirakan bahwa sumber daya serpih di daerah penelitian sebesar 317.081.582 ton serpih dengan volume minyak sebesar 69.535.298 barel.

Kata kunci: Kematangan termal, material organik, pirolisis, *fischer assay*

ABSTRACT

The Oligocene Sinamar Formation is located in the Back Arc Basin. From the results of geological mapping, there have been found 14 outcrop shale locations with thickness about 10 to >25 meters. The characteristic of shale is brownish gray to blackish color, lamination structures, and hard to brittle. Locally, there is some intercalation of fine grain sandstone with gray to brown color. The results of pyrolysis and maceral analyses on 14 samples of shale indicated the organic material content about 0.14% to 16.95% that is dominated by kerogen type I and type II which could produce oil prone. Microscopically, the organic material consists of maceral liptinite and vitrinite about <0.1% to 9.99% and maceral inertinite about <0.1% to 0.49%. The level of maturity from the organic material is categorized as immature to over mature. Based on the analysis of fischer assay conducted on rock samples obtained oil about 5 to 90 liter of oil/ton of shale. Therefore it can be estimated that shale resources is about 317,081,582 ton and volume of oil is about 69,535,298 barrel.

Keywords: thermal maturity, organic material, pyrolysis, *fischer assay*

PENDAHULUAN

Serpih merupakan batuan sedimen halus yang sebagian besar berasal dari darat dan

mengandung mineral lempung dalam jumlah yang cukup besar (Schieber, 2011). Sedangkan istilah serpih minyak didefinisikan sebagai batuan sedimen

halus yang mengandung material organik yang dapat menghasilkan minyak ketika di ekstrak (Yen and Chilingarian, 1976; Hutton, 1987, 2006; Suarez, dkk, 2012). Proses ekstrak serpih ini biasanya disebut dengan istilah *Fischer assay*, yaitu suatu proses pemanasan serpih pada temperatur 298°K hingga 773°K (25°C hingga 500°C) selama lebih kurang 50 menit untuk menghasilkan minyak (Lee, dkk, 2007). Serpih minyak sering juga disebut sebagai *black shale* atau *brown shale* tergantung dari warna endapan serpih tersebut. Komponen mineral serpih umumnya terdiri dari mineral lempung, felspar, karbonat, sulfida dan oksida mineral (Crisp, dkk., 1987 ; Slatt dan Rodriguez, 2012).

Tujuan dari tulisan ini adalah untuk mengetahui kematangan termal dan estimasi kandungan minyak endapan serpih Formasi Sinamar. Lokasi penelitian secara administratif berada di Kabupaten Bungo, Provinsi Jambi. Koordinat geografis daerah penelitian berada pada 101°42'-101°58' BT dan 01°23'-01°40' LS (Gambar 1).

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemetaan singkapan batuan di lapangan, pengambilan conto batuan yang diduga sebagai batuan sumber hidrokarbon dan analisis laboratorium. Analisis laboratorium terdiri dari analisis TOC (*total organic carbon*) dan pirolisis, analisis maseral dan reflektansi vitrinit (Rv) dengan menggunakan mikroskop sinar pantul dan analisis *fischer assay*.

GEOLOGI DAERAH PENELITIAN.

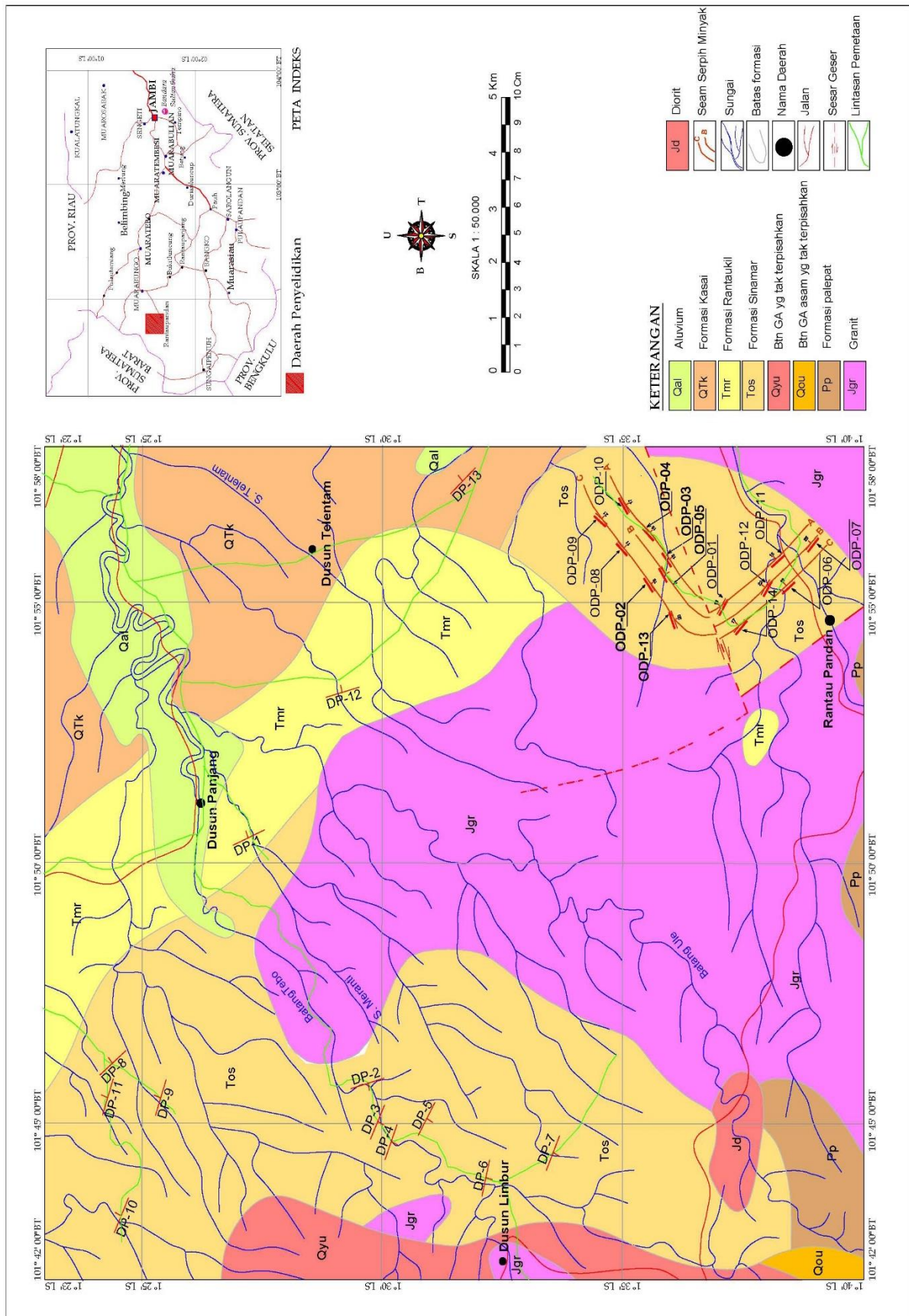
Morfologi daerah penelitian dibagi menjadi dua satuan yaitu morfologi perbukitan bergelombang dan pedataran. Morfologi perbukitan bergelombang menempati bagian baratdaya hingga baratlaut dan Satuan Pedataran menempati bagian utara hingga selatan daerah penelitian.

Geologi daerah penelitian mengacu pada Peta Geologi Bersistem Lembar Painan dan Bagian Timurlaut Lembar Muarasiberut yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung. Daerah penelitian berada pada Cekungan Busur Belakang (*Back Arc Basin*) (Rosidi, dkk., 1996 dalam Harahap, dkk., 2003) yang terletak di sebelah baratlaut Cekungan Sumatera Selatan (Zajuli dan Panggabean, 2013).

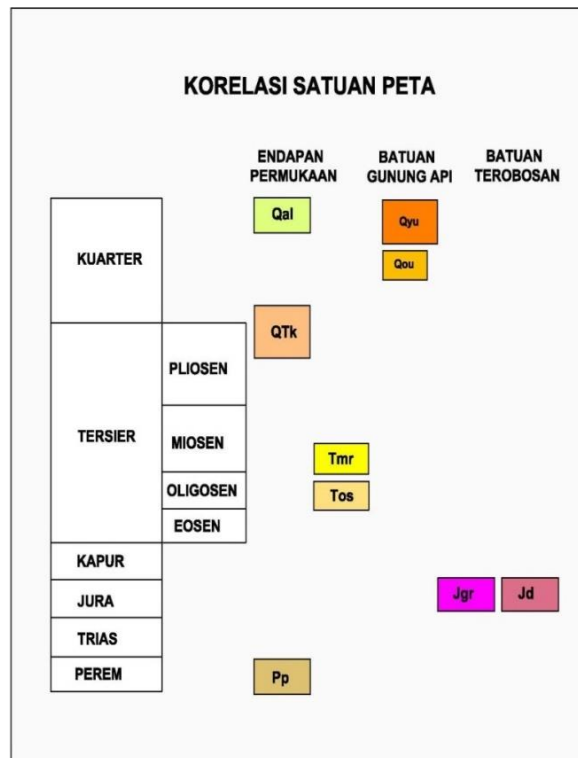
Stratigrafi daerah penelitian disusun oleh batuan pra-Tersier dan Tersier (Gambar 2). Batuan pra-Tersier merupakan batuan yang bertindak sebagai batuan alas, terdiri dari Formasi Palepat (Pp), Diorit (Jd) dan Granit (Jgr). Kemudian pada Kala Oligosen cekungan ini mulai terisi oleh batuan sedimen Tersier (Rosidi, dkk., 1996). Urutan stratigrafi pada daerah penelitian dari yang tertua hingga kemuda adalah:

Formasi Sinamar (Tos) berumur Oligosen, tersusun oleh konglomerat, batupasir kuarsa di bagian bawah, kemudian di atasnya ditutupi oleh batulempung, napal, batubara dan serpih. Ketebalan formasi ini diperkirakan mencapai 750 meter.

Formasi Rataukil (Tmr) terendapkan di atas Formasi Sinamar, berumur Oligosen Akhir-Miosen, tersusun oleh batupasir, batulempung dan lensa tipis batugamping. Secara tidak selaras, di atas Formasi Rataukil terendapkan Formasi Kasai (QTK) berumur Plio-Plistosen yang tersusun oleh tufa batuapung, batupasir tufaan dengan sisipan bentonit dan sedikit lignit. Formasi ini memiliki ketebalan berkisar 700 meter. Pada Kala Plistosen - Holosen terendapkan Batuan Gunungapi Asam yang Tak Terpisahkan (Qou), Batuan Gunungapi yang Tak Terpisahkan (Qyu) dan Aluvium (Qal) terdiri dari lanau, pasir dan kerikil. Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian adalah sesar geser menganan (*dextral*) dengan arah relatif timurlaut-baratdaya.



Gambar 1. Peta geologi daerah penelitian (modifikasi dari Rosidi, dkk., 1996).



Gambar 2. Stratigrafi daerah penelitian (modifikasi dari Rosidi, dkk., 1996).

HASIL ANALISIS

Dari hasil pemetaan di daerah penelitian, ditemukan sebanyak 14 conto serpih dengan ketebalan berkisar 10 hingga >25 meter.

Secara mikroskopik, berdasarkan terminologi Cook (1982) maseral organik conto serpih di daerah penelitian terdiri dari maseral liptinit dan vitrinit berkisar <0,1% hingga 2,0% - 9,99%, inertinit berkisar <0,1% hingga 0,1% - 0,49%. Nilai reflektansi vitrinit ditafsirkan berkisar 0,35% hingga 0,98% (Tabel 1).

Berdasarkan hasil analisis TOC dan pirolisis pada conto serpih dari daerah penelitian, kekayaan/kelimpahan material organik berkisar 0,14% hingga 16,95% dengan nilai T_{maks} (temperatur maksimum) berkisar 418,5°C hingga 564,4°C (Tabel 1). Dari hasil analisis *fischer assay* yang dilakukan pada conto serpih menunjukkan bahwa conto serpih dapat menghasilkan minyak dengan kisaran sebesar 5 hingga 90 liter minyak/ton serpih (Tabel 1).

PEMBAHASAN

Formasi Sinamar berumur Oligosen, tersusun oleh konglomerat, batupasir kuarsa berbutir halus-kasar, batulempung, napal, batubara, serpih dan batugamping koral. Ketebalan formasi ini diperkirakan mencapai 750 meter (Rosidi, dkk., 1996).

Endapan serpih yang ditemukan di lokasi penelitian secara megaskopis berwarna abu-abu kecoklatan hingga abu-abu kehitaman, struktuk laminasi, menyerpih, keras-getas, setempat-setempat terdapat sisipan batupasir berbutir halus berwarna abu-abu kecoklatan. Dari hasil rekonstruksi data singkapan diperkirakan bahwa endapan serpih di daerah penelitian terdiri dari tiga lapisan dengan nontasi seam A, seam B dan seam C dengan kemiringan (*dip*) berkisar 15° hingga 22° (Tobing, 2015). Ketebalan lapisan dan kenampakkan struktur paralel laminasi pada serpih mencirikan suatu proses sedimentasi secara terus menerus dan terjadi pada lingkungan pengendapan dengan arus relatif tenang (Tissot dan Welte, 1984).

Berdasarkan hasil analisis maseral yang dilakukan terhadap conto serpih diketahui bahwa kandungan maseral terbanyak didominasi oleh maseral liptinit. Jumlah kekayaan/kelimpahan material organik berkisar 0,14% hingga 16,95%. Menurut Waples (1985) batuan sedimen yang memiliki kandungan material organik <0,5% tidak memiliki potensi sebagai batuan sumber hidrokarbon, sedangkan batuan sedimen yang memiliki kandungan material organik antara 1,0% hingga 2,0% merupakan batuan yang cukup baik sebagai batuan sumber hidrokarbon dan material organik >2,0% merupakan batuan yang berpotensi baik hingga sangat baik sebagai batuan sumber hidrokarbon. Dari terminologi tersebut di atas, maka ada dua conto serpih dari daerah penelitian yang tidak memiliki potensi untuk menghasilkan minyak/hidrokarbon, yaitu conto serpih dengan notasi ODP-5 dan ODP-10 yang hanya memiliki kandungan material organik <0,5% (Tabel 1).

Plot silang antara nilai HI (*hydrogen index*) terhadap OI (*oxygen index*) pada diagram van Krevelen (Gambar 3) menunjukkan bahwa material organik didominasi oleh kerogen Type I dan Type II sebanyak sembilan conto dan Type III sebanyak lima conto. Kerogen adalah fraksi organik yang tidak larut dalam pelarut biasa (Tissot dan

Welte, 1984). Kerogen Type I dan Type II memiliki kecenderungan menghasilkan minyak dan kerogen Type III memiliki kecenderungan menghasilkan gas (Peters dan Cassa, 1994). Kerogen Tipe I merupakan material organik yang berasal dari alga air tawar, kerogen Tipe II merupakan material organik yang berasal dari polen, spora, lilin tanaman, resin, lemak tanaman dan alga laut sedangkan kerogen Tipe III merupakan material tumbuhan tinggi (Hutton, 2006; Waples, 1985).

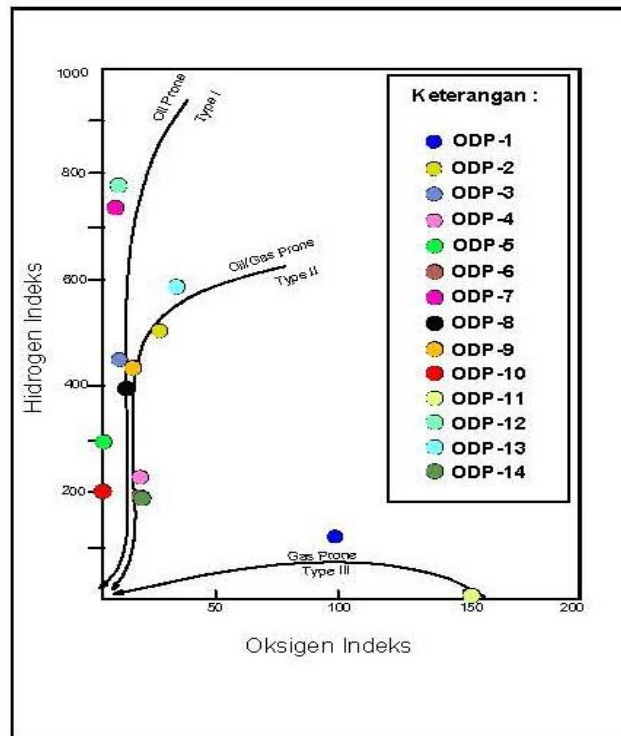
Kematangan termal material organik diperoleh dari analisis pirolisis dan reflektansi vitrinit. Secara umum, awal kematangan hidrokarbon terjadi sekitar $R_v=0,6\%$ dengan nilai T_{maks} 435°C hingga 445°C. Puncak kematangan terjadi pada R_v 0,65% hingga 0,9% dengan nilai T_{maks} 445°C hingga 450°C serta akhir kematangan terjadi pada R_v 0,9% hingga 1,35% dengan nilai T_{maks} 450°C hingga 470°C dan lewat matang terjadi sekitar $R_v>1,35\%$ dengan nilai T_{maks} >470°C (Peters dan Cassa, 1994). Plot silang antara nilai T_{maks} dan HI pada diagram (Gambar 4) menunjukkan bahwa kematangan termal material organik conto serpih dikategorikan belum matang (*immature*) hingga lewat matang (*over mature*).

Tabel 1. Hasil analisis TOC, pirolisis, maseral dan reflektansi vitrinit serta analisis *fischer assay* conto serpih dari daerah penelitian.

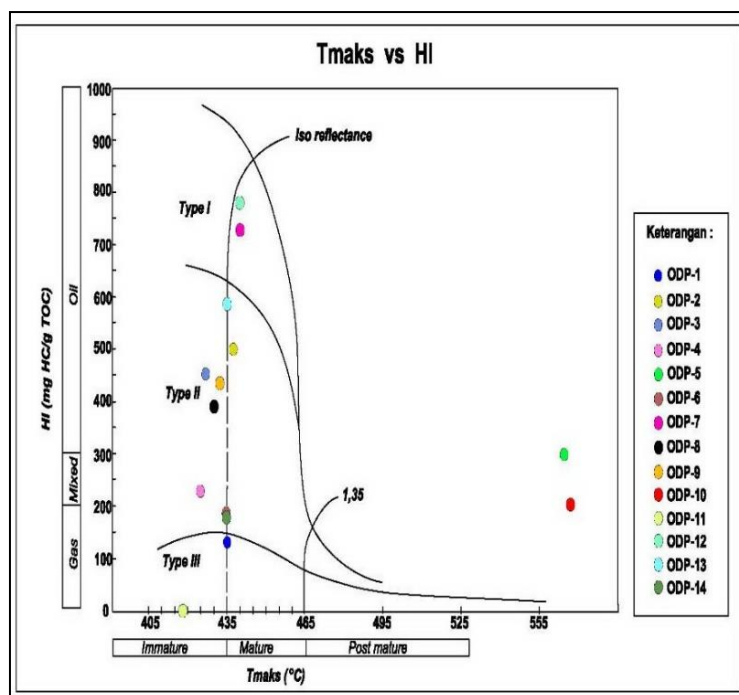
No.	Kode Conto	SG (cm ³ /gr)	Minyak (l/ton)	TOC (%)	S1	S2	S3	T _{maks} (°C)	PI	PY	HI	OI	Maseral (%)			
													Rv	Liptinit	Vitrinit	Inertenit
1	ODP-1	2,5	0	1,5	0,18	1,85	1,49	435,5	0,09	2,03	123	99	-	<0,1	<0,1	-
2	ODP-2	2,8	5	4,06	0,29	20,62	1,1	437,8	0,01	20,91	508	27	0,48	<0,1	<0,1	-
3	ODP-3	1,8	40	16,95	0,89	76,49	1,15	428,6	0,01	77,38	451	7	0,53	2,0-9,99	2,0-9,99	<0,1
4	ODP-4	1,6	20	9,48	0,31	2,83	1,38	425,9	0,10	3,14	230	15	0,48	0,5-1,99	2,0-9,99	<0,1
5	ODP-5	2,7	10	0,14	0,15	0,43	0	563,9	0,26	0,58	297	0	-	0,5-1,99	<0,1	-
6	ODP-6	2,4	10	8,43	0,29	15,94	1,24	435,1	0,02	16,23	189	15	0,55	0,1-0,49	0,5-1,99	<0,1
7	ODP-7	2,3	90	8,37	0,58	61,63	0,45	440,1	0,01	62,21	736	5	-	2,0-9,99	0,1-0,49	-
8	ODP-8	2,5	60	12,86	0,56	50,28	1,4	429,7	0,01	50,84	391	11	0,47	2,0-9,99	0,1-0,49	0,1-0,49
9	ODP-9	2	60	11,34	0,56	49,57	1,41	432	0,01	50,13	437	12	0,7	2,0-9,99	2,0-9,99	<0,1
10	ODP-10	2,2	40	0,23	0,17	0,46	0	564,4	0,27	0,63	203	0	0,98	2,0-9,99	<0,1	<0,1
11	ODP-11	2,4	5	1,43	0,19	0	2,2	418,5	1,00	0,19	0	153	0,35	<0,1	<0,1	-
12	ODP-12	2	70	10,34	0,9	80	0,75	439,9	0,01	80,9	774	7	-	2,0-9,99	<0,1	-
13	ODP-13	2,4	40	4,47	0,3	26,41	1,23	435,9	0,01	26,71	590	27	-	<0,1	<0,1	-
14	ODP-14	2,4	10	4,9	0,23	8,98	0,85	434,4	0,02	9,21	183	17	0,58	0,1-0,49	0,1-0,49	-

Sebanyak lima contoh serpih dari lokasi penelitian (notasi ODP-3, ODP-4, ODP-8, ODP-9, ODP-11) memiliki nilai T_{maks} berkisar 418,5°C hingga 432°C,

mengindikasikan bahwa contoh serpih tersebut dikategorikan belum matang (*immature*).



Gambar 3. Plot silang antara HI dan OI pada diagram van Krevelen yang telah dimodifikasi untuk penentuan tipe kerogen (Peters dan Cassa, 1994).



Gambar 4. Plot silang antara T_{maks} dan HI untuk mengetahui kematangan termal contoh serpih di daerah penelitian.

Dan sebaliknya, ada tujuh conto serpih (ODP-1, ODP-2, ODP-6, ODP-7, ODP-12, ODP-13, ODP-14) memiliki nilai T_{maks} 435,1°C hingga 440,1°C mengindikasikan bahwa conto serpih tersebut dikategorikan matang (*mature*) dan dua conto serpih dengan notasi ODP-5 dan ODP-10 memiliki nilai T_{maks} berkisar 563,9°C hingga 564,4°C dikategorikan lewat matang (*over mature*).

Berdasarkan analisis *fischer assay* yang dilakukan pada conto serpih (Tabel 1), menunjukkan bahwa ada satu conto serpih yaitu notasi ODP-01 yang tidak menghasilkan minyak, sedangkan 13 conto serpih lainnya dapat menghasilkan minyak dengan kisaran sebesar 5 liter s.d. 90 liter minyak/ton serpih. Conto serpih yang tidak menghasilkan minyak tersebut, berdasarkan data hasil analisis pirolisis mengindikasikan bahwa conto serpih dengan notasi ODP-01 tersebut merupakan kerogen Tipe III yang memiliki kecenderungan untuk menghasilkan gas.

Secara keseluruhan, berdasarkan pembahasan hasil analisis TOC, Pirolisis, reflektansi vitrinit, dan *fischer assay* dapat diketahui bahwa conto serpih dengan notasi ODP-5 dan ODP-10 merupakan batuan sumber hidrokarbon yang baik sebagai batuan sumber hidrokarbon. Akan tetapi, conto serpih tersebut telah berada pada tahap lewat matang (*over mature*) dan diduga bahwa hidrokarbon yang dihasilkan dari conto serpih tersebut sebagian telah mengalami migrasi dari batuan sumbernya.

Estimasi sumber daya serpih di daerah penelitian mengacu pada SNI (Standar Nasional Indonesia), amandemen 1-SNI 13-5014-1998 tentang Klasifikasi Sumber daya dan Cadangan Batubara dengan

menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Vs = \{ \text{Panjang (m)} \times \text{Lebar (m)} \times \text{Tebal (m)} \}$$

Sumber daya serpih yang diperoleh dengan menggunakan persamaan tersebut di atas dikonversikan ke dalam satuan ton batuan dengan cara mengkalikan volume serpih terhadap berat jenis rata-rata conto serpih yang dianalisis. Sumber daya serpih hasil penghitungan dikategorikan sebagai sumber daya hipotetik, yaitu sumber daya yang dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan untuk tahap survei tinjau.

Banyaknya kandungan minyak di dalam conto serpih dapat diketahui berdasarkan analisis *fischer assay*. Hasil analisis pada Tabel 1 memperlihatkan jumlah kandungan minyak dari 14 conto serpih hasil analisis berkisar 4-78 l/ton batuan. Kandungan minyak yang dipakai dalam estimasi kandungan minyak di daerah penelitian adalah kandungan minyak rata-rata tiap lapisan serpih (Tabel 2). Persamaan yang dipakai dalam estimasi kandungan minyak adalah:

$$Vm = \frac{(Vs \text{ (ton)} \times \text{Minyak (l/ton)})}{159}$$

Keterangan:

- *Vs* adalah volume serpih.
- *Vm* adalah volume minyak.
- 1 barel = 159 liter.

Berdasarkan hasil penghitungan dengan menggunakan persamaan di atas, maka diperoleh sumber daya serpih di daerah penelitian sebesar 317.081.582 ton batuan dengan kandungan minyak sebesar 11.056.112.382 liter atau 69.535.298 barel (Tabel 2).

Tabel 2. Estimasi sumber daya serpih dan kandungan minyak di daerah penelitian.

No.	Seam	Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)	BJ (ton/m ³)	Rata-rata Minyak / seam batuan (l/ton)	Sumberdaya serpih (ton)	Sumberdaya Minyak (barell)*
1	A	9743	363	12,5	2,3	21	101.680.384	13.429.485
2	B	8265	267	17	2,3	57	86.284.121	30.932.043
3	C	11551	324	15	2,3	31	129.117.078	25.173.770
Total Sumber Daya							317.081.582	69.535.298

* 1 barell=159 liter

KESIMPULAN

Formasi pembawa endapan serpih di daerah penelitian adalah Formasi Sinamar berumur Oligosen. Endapan serpih di lokasi penelitian diperkirakan terdiri dari tiga lapisan dengan notasi Seam A, B dan C dengan ketebalan lapisan diperkirakan berkisar ± 10 hingga 25 meter. Endapan serpih di daerah penelitian memiliki kecenderungan menghasilkan minyak dan sedikit gas. Estimasi volume serpih adalah sebesar 317.081.582 ton batuan dan volume minyak sebesar 69.535.298 barell.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Kepala Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi dan Kepala Bidang Batubara atas dukungan dalam pembuatan karya tulis ini, serta kepada Ujang Rustandi yang telah membantu dalam pembuatan peta dan rekan-rekan kerja yang telah memberikan masukan dan saran-saran sehingga tulisan ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Cook, A.C. (1982): The origin and petrology of organic matter in coal, oil shales and petroleum source rocks, University Wollongong, Australia.
- Crisp, P.T., Ellis, J., Hutton, A.C., Korth, J., Martin, F.A., Saxby, J.D. (1987): Australian oil shale: A compendium of geological and chemical data, University of Wollongong, Australia.
- Dyni, J.R., 2006. Geology and resources of some world oil-shale deposits, *Scientific investigation report 2005-5294*, USGS, Reston, Virginia.
- Gentzis, Thomas, 2012, A review of the thermal maturity and hydrocarbon potential of the Mancos and Lewis shale in part of New Mexico, USA, *International Journal of coal geology*, 64-75, Published by Elsevier B.V.
- Harahap Bhakti, H., Syaiful B., Baharuddin, Suwarna N., Panggabean H., Simanjuntak T.O. (2003), *Stratigraphic Lexicon of Indonesia*, (Special Publication No. 29), Geological Research and Development Centre, Bandung.
- Hutton, A.C. 1987: Petrographic classification of oil shales: *International Journal of Coal Geology*, 203-231, Published by Elsevier B.V.
- Hutton, A.C. (2006): Organic petrography and classification of oil shales: *Oil shales workshop*, University of Wollongong, Australia.
- Lee, Sunggyu, Speight, J.G., Loyalka, S.K., 2007. *Handbook of alternative fuel technologies*, CRC Press, Taylor and Francis Group.
- Peters, K.E., Cassa, M.R. 1994: Applied source rock geochemistry: *The petroleum system from source rock to trap*, AAPG, Memoirs 60.
- Rosidi, H.M.D., Tjokrosapoetro, S., Pendowo, B., Gafoer, S., dan Suharsono, 1996, *Peta Geologi Lembar Painan dan Bagian Timurlaut Muarasiberut, Sumatera*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Tissot, B.P., Welte, D.H. (1984): *Petroleum formation and occurrence*, Springer Verlag, Berlin.
- Tobing, R.L., 2015, *Penyelidikan Bitumen Padat di Daerah Dusun Panjang*,

- Kabupaten Bungo, Provinsi Jambi, PSDG-Bandung.*
- Suryana. A., 2006, *Inventarisasi Bitumen Padat dengan Outcrop Drilling Daerah Sungai Rumbia, Kabupaten Bungo, Provinsi Jambi*, PSDG-Bandung.
- Slatt, Roger, M., and Rodrigues, Norelis, 2010, *Comparative Sequence Stratigraphy and Organic Geochemistry of North American Unconventional Gas Shales: Commonality or Coincidence*, AAPG Hedberg Conference, Austin, Texas.
- Suarez Isabel-Ruiz, Flores Deolinda, Filho Joao Graciano Mendoca, Hackley Paul, C., 2012, *Review and update of the applications of organic petrology: Part 1, geological applications*, International Journal of Coal Geology, Elsevier.
- Schieber Juergen, 2011, *Shales*, Encyclopedia of geobiology, Springer Verlag, J.Reitner and V. Thiel (Eds.), p.785-791.
- Waples, D.W. 1985, *Geochemistry in petroleum exploration*, International Human Resources Development Cooperation, Boston.
- Yen, T.F., Chilingarian, G.V. 1976: *Oil shale*, Elsevier, Amsterdam.
- Zajuli Hermiyanto, M.H., Panggabean, H., 2013, *Depositional environment of fine grained sedimentary rocks of the Sinamar Formation, Muara Bungo, Jambi*, Indonesia Journal of Geologi, Vol. 8 No.1, p. 25-38.

Diterima	: 16 Mei 2016
Direvisi	: 30 Juni 2016
Disetujui	: 5 Agustus 2016

**ORE MINERALS FROM KUROKO TYPE DEPOSIT OF TOYA-TAKARADA MINE,
HOKKAIDO, JAPAN**

**MINERAL BIJIH DARI ENDAPAN TIPE KUROKO PADA TAMBANG TOYA-TAKARADA,
HOKKAIDO, JEPANG**

Euis Tintin Yuningsih

Faculty of Geology, Padjadjaran University, Bandung-Indonesia
etintiny@yahoo.com

ABSTRACT

Toya-Takarada mine is Au- and Ag-rich Kuroko-type deposit located in Takarada, Toya-mura, southwest Hokkaido, Japan. The deposits were hosted in rhyolitic tuff and mudstone of Middle Miocene age. Ore samples of fine-grained black ore, vuggy black-yellow ore, granular vuggy black ore, quartz-sulfide ore and massive quartz-barite ore were studied to identify the ore minerals association in the Toya-Takarada mine. The ore minerals are dominated by sphalerite, galena, chalcopyrite and pyrite with fewer amounts of electrum, tetrahedrite-tennantite, and other sulfosalt minerals with secondary mineral of covellite.

The quantitative chemical analysis of ore minerals by EPMA indicated that FeS contents in sphalerite is low (0.3-1.2 mol.%) in all kinds of ore samples. Small grains of electrum as inclusions in pyrite are identified in vuggy black-yellow ore with Ag content around 32-33 atm %.

In general, the silver minerals in Kuroko-type deposits occurred mainly in the black and yellow ores zone dominantly composed of sphalerite, galena, pyrite, chalcopyrite and barite as a form of electrum and/or argentian tetrahedrite-tennantite series. Thus, the massive quartz-barite ore sample of Toya-Takarada mine are also contain some rare silver sulfosalt minerals such as proustite, Cu-rich pearceite, geocronite-jordanite and fizelyite. Those minerals were found together in association with sphalerite. It seems that sphalerite was crystallized first followed by proustite and Cu-rich pearceite, then geocronite-jordanite and fizelyite are crystallized later.

Sphalerites from quartz-sulfide ore of Toya-Takarada contain some fluid inclusions and measured homogenization temperatures are in the range of 164-247°C (av. 208°C) with salinity ranging from 1.9 to 4.7 wt.% NaCl_{equiv.} (av. 3.9 wt.% NaCl_{equiv.}). The mineral assemblage, iron content in sphalerite and silver content in electrum were indicated that sulfur fugacity was slightly higher during ore mineralization in Toya-Takarada mine.

Keywords: black ore, fizelyite, geocronite-jordanite, sphalerite, sulfur fugacity, vuggy black-yellow ore

ABSTRAK

Toya-Takarada merupakan tipe cebakan Kuroko kaya emas dan perak yang berlokasi di Takarada, Toya-mura, sebelah tenggara Hokkaido, Jepang. Endapan Toya-Takarada memiliki hostrock tuf riolitik dan batulempung berumur Miosen Tengah. Contoh bijih yang diambil dari fine-grained black ore, vuggy black-yellow ore, granular vuggy black ore, quartz-sulfide ore and massive quartz-barite ore dipelajari untuk mengetahui asosiasi mineral bijih yang terdapat di cebakan Toya-Takarada. Mineral bijih didominasi oleh sfalerit, galena, kalkopirit, dan pirit dengan sedikit elektrum, tetrahedrit-tenantit, dan mineral sulfosalt lainnya dengan kehadiran mineral sekunder kovelit.

Analisis kimia kuantitatif dari mineral bijih dengan EPMA menunjukkan kandungan FeS yang rendah (0.3 s.d 1.2 mol.%) dalam sfalerit di seluruh tipe conto bijih. Butiran berukuran kecil dari elektum hadir sebagai inklusi dalam pirit terdapat pada vuggy black-yellow ore dengan kandungan Ag sekitar 32 s.d 33 atm. %.

Secara umum mineral yang mengandung perak dalam cebakan tipe kuroko terdapat dalam zona black dan yellow ores yang didominasi oleh sfalerit, galena, pirit, kalkopirit dan barit dalam bentuk elektum, dan/atau seri Ag-tetrahedrit-tenantit. Namun conto dari massive quartz-barite ore yang diambil dari Toya-Takarada juga mengandung mineral Ag-sulfosalt jarang seperti prostit, persit kaya Cu, geokronit-jordanit dan fizelit. Mineral-mineral tersebut ditemukan bersama-sama berasosiasi dengan sfalerit. Terlihat bahwa sfalerit terbentuk pertama dan diikuti oleh prostit dan persit kaya Cu, sementara geokronit-jordanit dan fizelit terbentuk kemudian.

Sfalerit dari quartz-sulfide ore endapan Toya-Takarada mengandung inklusi fluida dan mengindikasikan temperatur homogenitas dalam kisaran 164 s.d 247°C (rata-rata 208°C) dengan salinitas berkisar dari 1.9 sampai 4.7 wt.% NaCl_{equiv.} (rata-rata 3.9 wt.% NaCl_{equiv.}). Kelompok mineral bijih, kandungan besi dalam sfalerit dan kandungan perak dalam elektum mengindikasikan kondisi fugasitas sulfur yang tinggi pada saat pembentukan mineral di cebakan Toya-Takarada.

Kata kunci: black ore, fizelit, geokronit-jordanit, sfalerit, fugasitas sulfur, vuggy black-yellow ore

INTRODUCTION

The Kuroko deposits in Japan are formed during a very limited period, around 13 Ma and it is in association with late Oligocene or early Miocene of mafic to felsic volcanic cycle late-stage felsic rocks. The deposits are predominantly massive, stratiform sulphide ores with associated underlying stockwork ores of Miocene age in the Green Tuff volcanic sequences and occur in narrow zones parallel to island arcs. The Benioff zone is at about 150-km depth below the Kuroko zones, which were areas of high heat flow during the Miocene (Sato, 1977).

Kuroko-type deposits are named after the type locality in the Miocene Green Tuff belt of Japan and the setting is thought to be a submarine rifted basin within an oceanic volcanic arc. The Kuroko deposits are polymetallic, yielding copper, lead, zinc, and often gold as an important by-product with principal ore minerals are chalcopyrite, galena and sphalerite. Chalcopyrite-rich (pyrite-chalcopyrite-quartz) ore is known as 'yellow ore' and galena- and sphalerite-rich (galena-sphalerite-barite) ore is known as

'black ore' and there is a zonation of ore types.

The host rocks are mainly acid volcanic rocks, and a rhyolite dome is a common feature. Previous studies have shown temperatures of 200-350°C for ore mineralization. They are larger than the Cyprus-type massive sulphide deposits, but rarely exceed 100Mt of ore. However, mining districts can contain large numbers of deposits (the green tuff belt has over 100 deposits over 800km strike length).

The purpose of present study is to identify ore minerals assemblage from some ores body of Kuroko-type deposit of Toya-Takarada, Southwestern Hokkaido, Japan. The physico-chemical condition of ore formation is also reconstructed together with temperature and ore mineral composition study.

Regional Geology

The geology of southwestern Hokkaido is characterized by intensive volcanisms of Miocene to Plio-Pleistocene age. The studied area, eastern margin of Lake Toya,

is one of the centers of the volcanic field where Miocene andesitic and dacitic lavas and pyroclastic rocks (Osarugawa Formation), Pliocene dacitic tuff (Kitayuzawa Formation) and plagioclase-ryolite and Plio-Pleistocene andesite lavas are distributed. The volcanisms subsequently caused a concealed alteration zone, and mineralization (Marumo, 1985).

Kuroko and Kuroko-type deposits are distributed in the Shakotan-Toya district, southwest Hokkaido. The mode of occurrence of Kuroko-type deposits is somewhat different from the typical kuroko deposits in the Hokuroku district. For example, the Kuroko-type deposits lack any bedded ore-body (Sawai and Itaya, 1993).

Toya-Takarada mine is Au- and Ag-rich Kuroko-type deposit located in Takarada, Toya-mura, southwestern Hokkaido, Japan (Figures 1A & 1B). Toya - Takarada mine is occurred as Kuroko massive sulfide deposit in rhyolitic-dacitic tuff breccia in the upper

part of the Middle Miocene Osarugawa Formation (Marumo, 1985; Figure 2). The Osarugawa Formation is assumed to be continental to marine sediments, and overlies unconformably Mesozoic sediments and Paleogene granitic rocks. Marumo and Sawai (1986) indicated that samples from the Horobetsu and Kagenosawa Au-Ag-Cu-Pb-Zn disseminated and vein-type deposits together with the Toya Takarada and Minamishiraoi kuroko-type deposits give K-Ar age values generally in the range of 12.3 to 14.2 Ma indicating that the ages of the mineralizations of these deposits were similar to those of the kuroko deposits in Hokuroku area .

Tuff breccia, the host of the deposit, has been subjected to smectite alteration. The deposit was mined in 1934 to 1942 and in 1951 to 1952 with the largest ore body approximately 50m x 18m x 30m. There are many gypsum deposits associated with mudstone beds (Figure 1C). Kaolinite in the alteration zone was also mined.

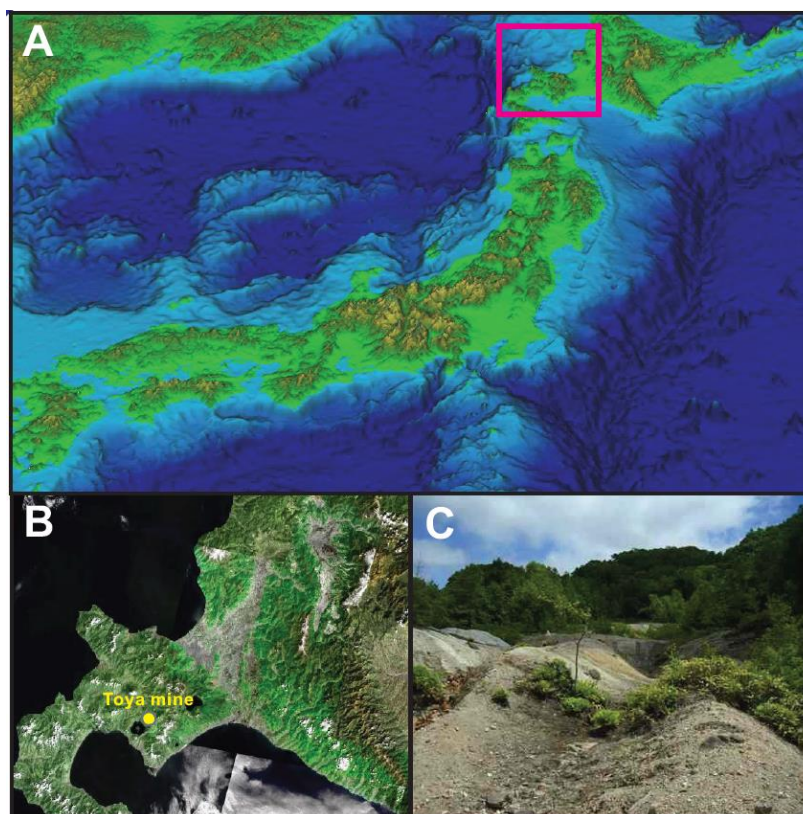


Figure 1. Map of Japan (A), location of the Toya-Takarada mine in Southwest Hokkaido (B) and the damp photograph of Toya-Takarada mine (C).

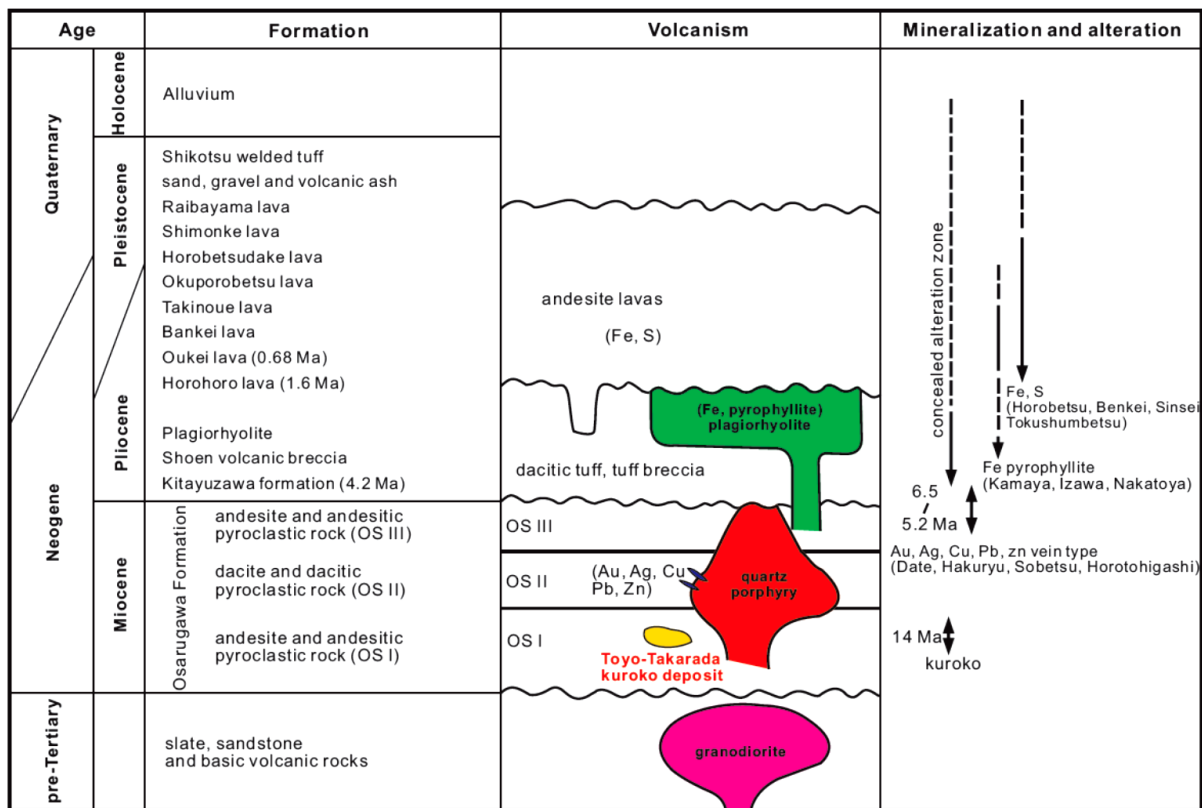


Figure 2. Summary of stratigraphic sequence, volcanism, mineralization and alteration of Toya, Southwestern Hokkaido (modified after Marumo, 1985).

METHODOLOGY

The determination of mineralogy with the chemistry and mode occurrences of ore minerals from the Toya - Takarada mine is based on the study of samples from the Hokkaido University Museum collection. Megascopic investigation hand specimens and microscopic of the selected doubly thin sections and polished sections have been used for the purpose of study.

The composition of the ore minerals were measured with electron probe mineral analyzer (EPMA) using JEOL 733 electron microprobe at the Hokkaido University. Standards using natural chalcopyrite, InP, MnS, CdS, FeAsS, Sb₂S₃, PbS, SnS, HgS, ZnS and elemental Se, Au, Ag, Te. The probe was operating at 20 kV voltage and the beam currents of 10 nA was focused to 1-10 μm diameters with peak counting times was 20 s. The X-ray lines measured were As, Se, Te, Cd, Ag, Bi and Sb (Lα), S, Cu, Zn, Fe and Mn (Kα) and Pb, Au and Hg (Mα). The raw data was corrected by ZAF

correction. The X-ray energy-dispersive and backscatter electron image with JEOL JSM-5310 scanning electron microscope were also used to mapping the co-existence ore minerals. Doubly polished thin sections of quartz and sphalerite samples were prepared on 200μm thickness for the fluid inclusion measurements. Microthermometric measurement was performed on a Linkam THMSG 600 system attached to a Nikon transmitted-light microscope at Hokkaido University.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Ore Mineralogy

Ore samples of fine-grained black ore, vuggy black-yellow ore, granular vuggy black ore, quartz-sulfide ore and massive quartz-barite ore were studied to identify the ore minerals association in the Toya-Takarada mine. The fine-grained black ore is dominated by pyrite, sphalerite, galena,

chalcopyrite and tetrahedrite. Vuggy black-yellow ore composed of abundant sphalerite, pyrite, chalcopyrite and followed with tetrahedrite. Granular vuggy black ore contains trace of electrum and tetrahedrite-tennantite, with dominant of sphalerite, pyrite, galena and chalcopyrite. Quartz-sulfide ore also contains base metal minerals of sphalerite, pyrite, galena and chalcopyrite with tetrahedrite occurrence. The secondary covellite mineral occurs in fine-grained black ore, vuggy black-yellow ore and granular vuggy black ore (Figure 3). Paragenetic sequence of ore minerals in each ore type are presented in Figure 4.

The massive quartz-barite ore sample of Toya-Takarada mine is interesting with the occurrence of some rare silver sulfosalts minerals of cupro-pearceite, jordanite and fizelyite (Yuningsih and Matsueda, 2013). Those minerals were found together in association with sphalerite (Figure 5). It seems that sphalerite was crystallized first followed by proustite and Cu-rich pearceite, then geocronite-jordanite and fizelyite are crystallized later. Fizelyite has dark gray to gray in color with metallic luster, and shows distinct anisotropism with creamy white color under the reflective microscope. Geocronite-jordanite has gray to pale gray in color and microscopically shows pure white color with weak pleochroism and moderate anisotropism. forms a series with jordanite.

Figure 6 illustrate the mineralization sequence of sulfosalt minerals at the Toya-Takarada mine observed under thin section investigation. It seems that sphalerite was crystallized first followed by proustite and Cu-rich pearceite, then geocronite-jordanite and fizelyite are crystallized later. In addition to above silver sulfosalt mineralization in Toya-Takarada mine, Shimizu et al. (1999) also identified samples containing TI-bearing minerals occur as breccias in the Kuroko massive

sulfide ores, which pointed that these TI mineralization were preceded the Kuroko mineralization. Three TI minerals identified were hutchinsonite, chabournéite and unnamed $[(\text{Ti}, \text{Ag})_2\text{Pb}_6(\text{As}, \text{Sb})_{16}\text{S}_{31}]$ with two associated minerals such as getchellite and Ag-bearing luzonite.

Chemical Composition of Ore Mineral

The ore minerals composition was identified with microprobe (Electron-Probe Mineral Analyzer/EPMA). Mostly of common sulfide minerals such as sphalerite, chalcopyrite, pyrite and galena has the ideal International Mineral Association/IMA-approved formula. The quantitative chemical analyses of ore minerals by EPMA indicated that sphalerite with calculated formula $\text{Zn}_{1.0}\text{S}_{1.0}$ has low FeS contents (0.3-1.2 mol.%) in all kinds of ore samples. Other sulfides ore chalcopyrite with calculated formula $\text{Cu}_{1.2}\text{Fe}_{0.8}\text{S}_{2.0}$; pyrite $\text{Fe}_{1.0}\text{S}_{2.0}$; galena $\text{Pb}_{1.0}\text{S}_{1.0}$; and covellite $\text{Cu}_{1.0}\text{S}_{1.0}$. Small grains of electrum as inclusions in pyrite are identified in vuggy black-yellow ore with Ag content around 32-33 atm.% and calculated formula $\text{Au}_{1.3}\text{Ag}_{0.7}$. The low Ag content in electrum is also reported from other siliceous and yellow ores of Kuroko-type deposits in Japan, such as of Nurukawa deposit contains about 20 atm.% of silver. In contrast, the black ore usually contain higher Ag in electrum (Shikazono & Shimizu, 1988).

The calculated formulas of silver sulfosalt minerals (Table 1) in average are $\text{Cu}_{10.3}\text{Fe}_{0.4}\text{Ag}_{0.1}\text{Zn}_{1.3})_{12.1}(\text{Sb}_{1.5}\text{As}_{2.1})_{3.6}\text{S}_{13.2}$ for tetrahedrite-tennantite; $\text{Ag}_{3.3}(\text{As}_{0.7}\text{Cu}_{0.1})_{0.8}\text{S}_{3.0}$ for proustite (7 apfu/N=3); $\text{Ag}_{3.7}\text{Cu}_{7.4}(\text{As}_{3.4}\text{Sb}_{0.2})_{3.6}\text{S}_{14.3}$ for Cu-rich pearceite (29 apfu/N=6); $(\text{Pb}_{14.1}\text{Ag}_{0.1})_{14.2}(\text{As}_{1.4}\text{Sb}_{4.2})_{5.6}\text{S}_{23.1}$ for geocronite-jordanite (43 apfu/N=4); and $\text{Ag}_{4.2}\text{Pb}_{12.7}(\text{Sb}_{19.9}\text{As}_{1.1})_{21.0}\text{S}_{50.1}$ for fizelyite (88 apfu/N=9).

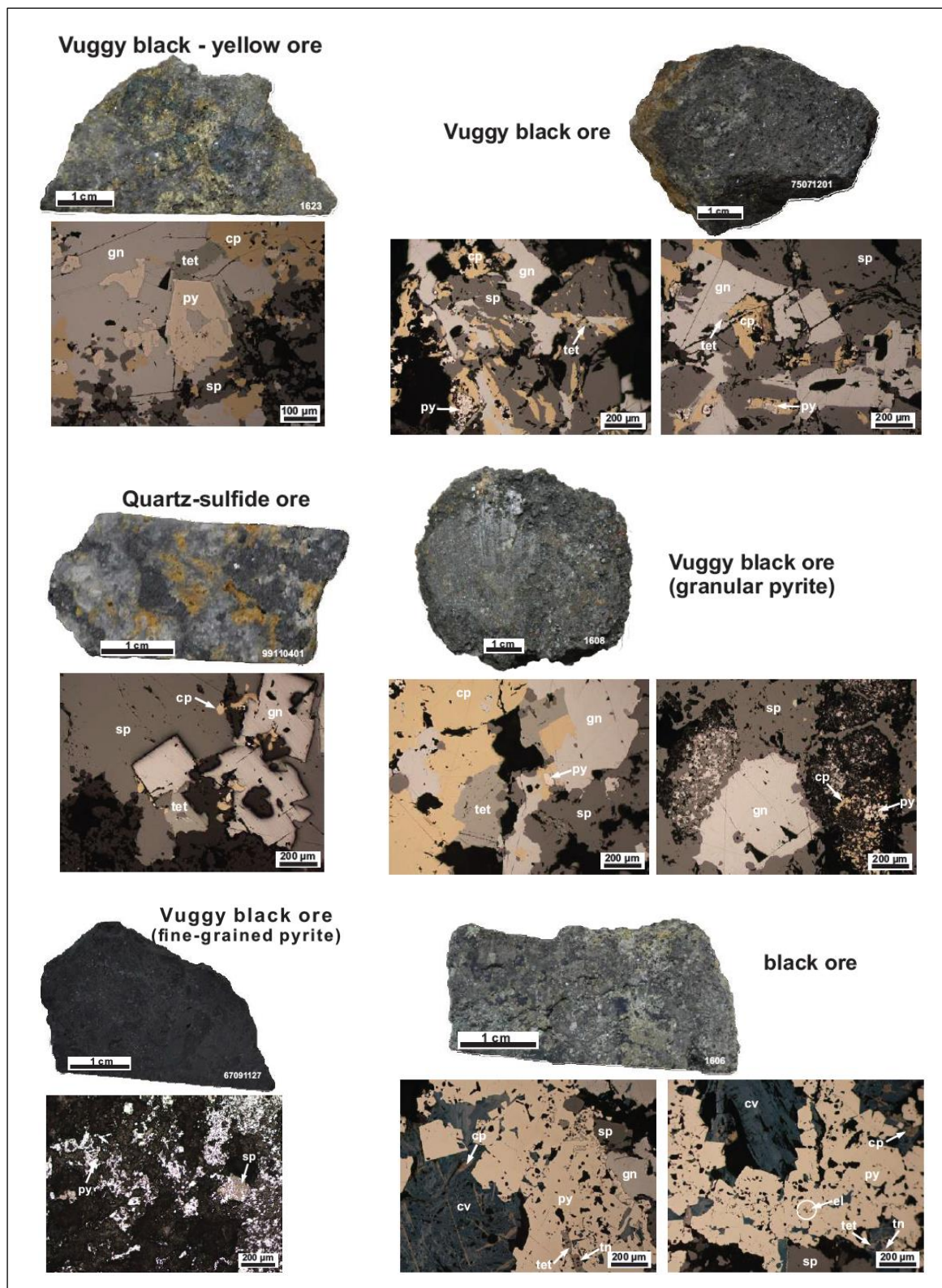


Figure 3. Ore samples with photomicrographs by reflected light showing the association of sulfide minerals for the Toya-Takarada samples of vuggy black-yellow ore, vuggy black ore, quartz-sulfide ore, vuggy black ore (granular pyrite), vuggy black ore (fine-grained pyrite), and black ore. Abbreviations: cp=chalcopyrite, cv=covellite, el=electrum, gn=galena, py=pyrite, sp=sphalerite, tet=tetrahedrite, tn=tennantite.

Mineral	Paragenesis				
	Fine-grained Black Ore	Vuggy Black-Yellow Ore	Granular Vuggy Black Ore	Qtz-Sulfide Ore	Massive Qtz-Barite Ore
Tennantite			—		
Tetrahedrite	—	—	—	—	
Cupro-pearceite					—
Jordanite ?					—
Fizelyite ?					—
Proustite					—
Chalcopyrite	—	—	—	—	
Covellite	—	—	—		
Electrum			—		
Galena	—	—	—	—	
Pyrite	—	—	—	—	
Sphalerite	—	—	—	—	—

Figure 4. Paragenetic sequence of ore minerals of the Toya-Takarada ores. Width of bars corresponds to the relative abundance of each mineral.

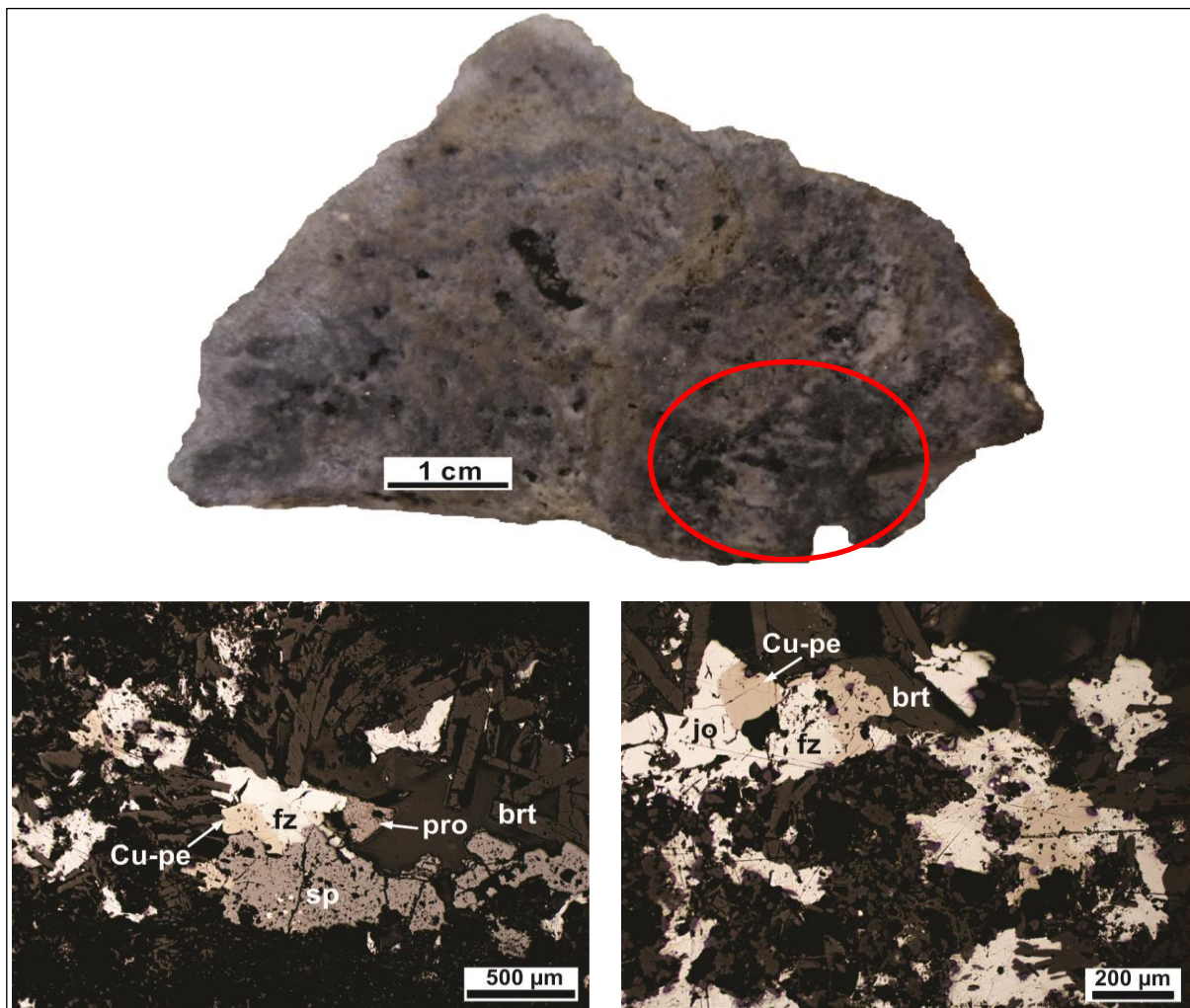


Figure 5. Hand specimen and its photomicrographs of silver sulfosalt minerals in massive quartz-barite ore. Abbreviations: brt=barite, Cu-pe=Cu-rich pearceite, fz=fizelyite, jo=jordanite, pro=proustite.

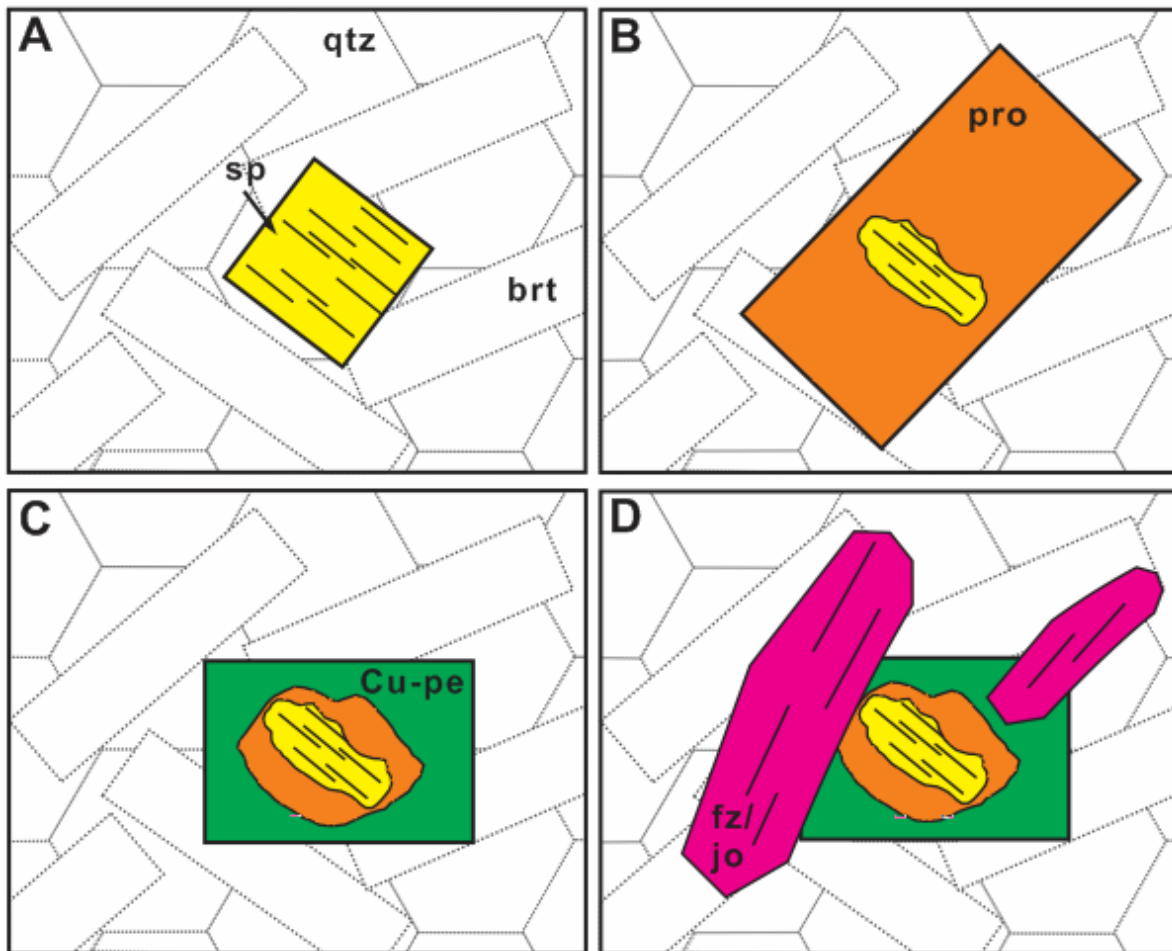


Figure 6. Illustration of the mineralization sequence of the sulfosalt minerals at the Toya-Takarada mine observed in polished sections.

FLUID INCLUSIONS

A microthermometric study was carried out on the sphalerite samples from the quartz-sulfide ore of Toya-Takarada. Prepared quartz samples from this ore were not containing sufficient fluid inclusion to measure further for homogenization temperature or salinity. Otherwise, the primary inclusions observed in sphalerite were large enough to study, aqueous inclusions, mostly consisting of two phases liquid (L) and vapor (V) at room temperature. L-V inclusions are dominant in most inclusions (avg >80 vol%). However, the vapor bubble occupies up to ~90 vol% in some of the inclusions. Although some of the fluid inclusions were necked down, the ones used in the microthermometric study ranged from 10 µm to 50 µm in diameter

(Figure 7).

The inclusions which occur in cluster or isolated within the crystals is considered as primary and the one in planar arrays outlining growth zones or in healed fractures that terminated against growth zones is considered as pseudo-secondary. The heating and freezing measurements were conducted on fluid inclusions trapped in those minerals using the criteria of Roedder (1984). Within the scope of this study only primary fluid inclusions were measured. The results of measurements from primary fluid inclusions in quartz from different levels indicate that the homogenization temperature is 164-247°C (av. 208°C) with salinity ranging from 1.9 to 4.7 wt.% NaCl_{equiv.} (av. 3.9 wt.% NaCl_{equiv.}) as in Figure 8.

Table 1. Selected results of the electron microprobe analyses for ore minerals from Toya-Takarada Mine.

	Analysis (wt.%)											Total	Calculated formula	
	As	Se	Te	S	Pb	Ag	Cu	Zn	Fe	Sb	Au			Bi
Tetrahedrite-Tennantite														
No.46	20.01	0.00	0.00	27.10	0.14	0.08	44.32	6.77	1.48	0.71	0.00	0.00	100.62	(Cu _{10.4} Fe _{0.2} Zn _{1.5}) ₁₂ (Sb _{2.1} As _{4.0}) ₄ S _{12.6}
No.47	19.47	0.00	0.00	27.33	0.08	0.05	43.47	7.29	0.74	1.80	0.25	0.00	100.47	(Cu _{10.2} Fe _{0.2} Zn _{1.6}) ₁₂ (Sb _{2.0} As _{3.9}) ₄ S _{12.6}
No.56	0.89	0.00	0.00	28.94	0.00	0.45	49.28	1.96	0.11	18.06	0.00	0.04	99.72	(Cu _{12.0} Ag _{0.1} Zn _{0.9}) ₁₂ (Sb _{2.3} As _{2.2}) ₆ S _{14.0}
No.58	1.45	0.00	0.00	26.09	0.03	0.29	40.95	4.36	0.99	24.42	0.00	0.00	98.56	(Cu _{10.9} Fe _{0.3} Zn _{1.1}) ₁₂ (Sb _{2.3} As _{3.3}) ₆ S _{13.4}
No.59	4.68	0.00	0.00	30.40	0.22	0.06	42.04	0.62	3.73	18.22	0.67	0.00	100.65	(Cu _{10.1} Fe _{1.0} Zn _{0.1}) ₁₁ (Sb _{2.3} As _{1.0}) ₃ S _{14.5}
No.55	6.66	0.00	0.00	33.13	0.21	1.29	50.47	0.44	0.24	4.72	0.69	0.00	97.85	(Cu _{11.8} Fe _{0.1} Ag _{0.0} Zn _{0.1}) ₁₂ (Sb _{0.6} As _{1.4}) ₂ S _{14.8}
No.122	20.96	0.00	0.00	27.25	0.00	0.06	43.87	6.72	1.73	0.00	0.00	0.00	100.59	(Cu _{10.2} Fe _{0.5} Zn _{1.3}) ₁₂ (Sb _{2.2} As _{4.2}) ₄ S _{12.7}
No.124	21.02	0.00	0.08	27.28	0.00	0.03	43.63	7.31	1.10	0.08	0.19	0.00	100.72	(Cu _{10.2} Fe _{0.3} Zn _{1.6}) ₁₂ (Sb _{2.2} As _{4.2}) ₄ S _{12.7}
No.84	2.17	0.00	0.00	24.42	0.00	4.11	36.08	7.56	0.04	24.90	0.50	0.00	99.75	(Cu _{6.6} Ag _{0.0} Zn _{0.2}) ₁₂ (Sb _{2.1} As _{3.5}) ₄ S _{12.8}
No.89	1.74	0.00	0.00	24.45	0.10	4.54	35.31	7.78	0.08	27.02	0.20	0.00	101.22	(Cu _{6.9} Ag _{0.0} Zn _{0.2}) ₁₂ (Sb _{2.7} As _{4.0}) ₄ S _{12.8}
No.83	14.06	0.00	0.00	26.63	0.20	0.85	41.04	7.92	0.41	9.04	0.25	0.00	100.38	(Cu _{10.0} Fe _{0.1} Ag _{0.1} Zn _{1.3}) ₁₂ (Sb _{1.1} As _{3.0}) ₄ S _{12.9}
No.134	9.12	0.00	0.00	25.68	0.14	0.29	40.49	7.98	0.10	17.10	0.25	0.00	101.14	(Cu _{10.1} Zn _{1.9}) ₁₂ (Sb _{2.2} As _{1.9}) ₄ S _{12.7}
No.130	15.21	0.00	0.00	28.74	0.12	0.03	39.01	6.22	9.79	1.35	0.00	0.00	100.47	(Cu _{6.9} Fe _{0.2} Zn _{1.1}) ₁₂ (Sb _{0.2} As _{0.3}) ₂ S _{13.0}
Mean (N=13)	10.57	0.00	0.01	27.50	0.10	0.93	42.30	5.61	1.58	11.34	0.23	0.00	100.16	(Cu _{10.3} Fe _{0.4} Ag _{0.0} Zn _{1.1}) ₁₂ (Sb _{1.5} As _{2.1}) ₃ S _{13.2}
Proustite														
No.92	10.24	0.00	0.16	19.21	0.00	67.99	1.12	0.04	0.04	0.13	0.11	0.00	99.03	Ag _{3.1} (As _{0.7} Cu _{1.0}) ₃ S _{3.0}
No.14	12.13	0.00	0.11	19.37	0.00	67.94	1.17	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	100.74	Ag _{3.2} (As _{0.7} Cu _{1.0}) ₃ S _{3.0}
No.15	11.96	0.00	0.40	19.10	0.00	66.92	1.16	0.04	0.00	0.00	0.17	0.00	99.74	Ag _{3.2} (As _{0.7} Cu _{1.0}) ₃ S _{3.0}
Mean (N=3)	11.44	0.00	0.22	19.23	0.00	67.62	1.15	0.03	0.01	0.05	0.09	0.00	99.84	Ag _{3.1} (As _{0.7} Cu _{1.0}) ₃ S _{3.0}
Cupropearceite														
No.93	15.10	0.00	0.00	28.29	0.07	25.78	29.21	0.00	0.00	1.91	0.32	0.00	100.68	Ag _{3.9} Cu _{1.4} (As _{3.3} Sb _{0.3}) ₃ S _{14.2}
No.99	15.94	0.00	0.00	29.03	0.00	24.16	29.64	0.00	0.00	2.42	0.09	0.00	101.29	Ag _{3.9} Cu _{1.4} (As _{3.5} Sb _{0.3}) ₃ S _{14.4}
No.101	16.64	0.00	0.00	28.66	0.00	24.56	29.40	0.00	0.01	1.63	0.15	0.00	101.04	Ag _{3.9} Cu _{1.4} (As _{3.5} Sb _{0.2}) ₃ S _{14.2}
No.13	15.18	0.00	0.00	28.37	0.11	26.39	28.77	0.04	0.00	1.40	0.90	0.00	101.15	Ag _{3.9} Cu _{1.3} (As _{3.3} Sb _{0.2}) ₃ S _{14.4}
No.16	16.33	0.00	0.00	29.05	0.00	24.09	29.25	0.03	0.00	1.35	0.00	0.00	100.11	Ag _{3.9} Cu _{1.3} (As _{3.5} Sb _{0.2}) ₃ S _{14.4}
No.23	16.12	0.00	0.00	29.07	0.00	23.60	29.76	0.00	0.00	0.95	0.00	0.00	99.50	Ag _{3.9} Cu _{1.3} (As _{3.5} Sb _{0.1}) ₃ S _{14.5}
Mean (N=6)	15.89	0.00	0.00	28.75	0.03	24.76	29.34	0.01	0.00	1.61	0.24	0.00	100.63	Ag _{3.7} Cu _{1.4} (As _{3.5} Sb _{0.2}) ₃ S _{14.3}
Fizelyite														
No.94	1.47	0.00	0.00	21.46	35.27	5.56	0.06	0.00	0.00	32.63	0.00	0.00	96.44	Ag _{3.0} (Pb _{12.9} Cu _{0.1}) ₁₂ Sb _{10.0} S _{30.3}
No.95	1.31	0.00	0.00	21.65	37.00	5.78	0.04	0.00	0.00	32.98	0.17	0.00	98.92	(Ag _{4.1} Au _{0.1}) ₄ (Pb _{12.6} Cu _{0.1}) ₁₂ (Sb _{10.0} As _{1.3}) _{20.0} S _{50.4}
No.96	1.61	0.00	0.00	21.55	36.43	5.95	0.00	0.00	0.02	32.84	0.02	0.00	98.42	Ag _{4.1} Pb _{12.7} (Sb _{10.0} As _{1.0}) _{21.1} S _{50.1}
No.97	1.31	0.00	0.00	21.51	36.23	6.49	0.00	0.01	0.00	33.71	0.00	0.00	99.25	Ag _{4.1} Pb _{12.6} (Sb _{10.0} As _{1.0}) _{21.1} S _{50.7}
No.100	1.17	0.00	0.00	21.88	36.46	6.47	0.00	0.00	0.02	33.79	0.00	0.00	99.79	Ag _{4.1} Pb _{12.6} (Sb _{10.0} As _{1.0}) _{21.1} S _{50.3}
No.12	0.69	0.00	0.00	21.40	36.40	6.34	0.01	0.00	0.00	33.32	0.00	0.00	98.16	Ag _{4.5} Pb _{12.6} (Sb _{10.0} As _{0.7}) _{20.1} S _{49.9}
No.19	0.98	0.00	0.00	21.80	36.46	6.97	0.02	0.00	0.02	32.59	0.59	0.00	99.43	Ag _{4.1} Pb _{12.6} (Sb _{10.0} As _{0.9}) _{20.0} S _{50.3}
No.21	0.63	0.00	0.00	21.49	36.43	6.38	0.02	0.00	0.03	33.25	0.00	0.00	98.22	Ag _{4.1} Pb _{12.7} (Sb _{10.0} As _{0.8}) _{20.0} S _{49.9}
No.22	1.07	0.00	0.00	21.58	35.33	6.70	0.07	0.01	0.00	33.17	0.08	0.00	98.01	Ag _{3.0} (Pb _{12.7} Cu _{0.1}) ₁₂ (Sb _{10.0} As _{1.1}) _{21.1} S _{50.0}
Mean (N=9)	1.14	0.00	0.00	21.59	36.22	6.29	0.02	0.00	0.01	33.14	0.10	0.00	98.52	Ag _{4.1} Pb _{12.7} (Sb _{10.0} As _{1.1}) _{21.0} S _{50.1}
Jordanite														
No.102	2.49	0.00	0.00	17.22	67.50	0.18	0.00	0.03	0.00	11.57	0.05	0.00	99.03	(Pb _{13.9} Ag _{0.1}) _{14.0} (As _{1.5} Sb _{0.3}) ₃ S _{23.2}
No.17	2.15	0.00	0.00	16.87	68.07	0.01	0.05	0.00	0.00	11.59	0.32	0.00	99.06	(Pb _{14.1} Au _{0.1}) _{14.0} (As _{1.5} Sb _{0.2}) ₃ S _{23.0}
No.18	2.44	0.00	0.00	17.03	67.88	0.41	0.00	0.01	0.04	12.24	0.32	0.00	100.37	(Pb _{14.1} Ag _{0.2} Au _{0.1}) _{14.0} (As _{1.5} Sb _{0.3}) ₃ S _{22.9}
No.20	2.51	0.00	0.00	17.41	67.22	0.23	0.20	0.00	0.00	11.54	0.00	0.00	99.12	(Pb _{14.0} Cu _{0.1} Ag _{0.1}) _{14.0} (As _{1.5} Sb _{0.1}) ₃ S _{23.2}
Mean (N=4)	2.40	0.00	0.00	17.13	67.67	0.21	0.06	0.01	0.01	11.74	0.17	0.00	99.40	(Pb _{14.1} Ag _{0.1}) _{14.0} (As _{1.5} Sb _{0.2}) ₃ S _{23.1}
Sphalerite														
No.44	0.00	0.00	0.00	32.19	0.11	0.07	0.08	65.72	0.59	0.07	0.39	0.11	99.33	Zn _{1.0} S _{1.0}
No.48	0.08	0.00	0.00	32.24	0.08	0.00	0.05	66.32	0.32	0.00	0.32	0.00	99.41	Zn _{1.0} S _{1.0}
No.54	0.00	0.00	0.03	32.90	0.00	0.07	0.04	65.57	0.57	0.13	0.63	0.00	99.93	Zn _{1.0} S _{1.0}
No.61	0.00	0.00	0.00	32.48	0.05	0.00	0.12	65.15	0.45	0.11	0.22	0.00	98.57	Zn _{1.0} S _{1.0}
No.123	0.00	0.00	0.02	31.65	0.27	0.00	0.00	66.03	0.37	0.03	0.04	0.12	98.53	Zn _{1.0} S _{1.0}
No.85	0.00	0.00	0.06	32.77	0.00	0.00	0.04	65.43	0.65	0.00	0.28	0.17	99.40	Zn _{1.0} S _{1.0}
No.90	0.00	0.00	0.11	32.72	0.00	0.04	0.06	65.91	0.58	0.11	0.82	0.00	100.34	Zn _{1.0} S _{1.0}
No.98	0.00	0.00	0.02	32.13	0.11	0.14	0.08	65.28	0.15	0.50	0.00	0.02	98.42	Zn _{1.0} S _{1.0}
No.131	0.00	0.00	0.01	32.73	0.02	0.04	0.05	66.10	0.72	0.03	1.22	0.02	100.93	Zn _{1.0} S _{1.0}
No.135	0.00	0.00	0.00	32.56	0.00	0.02	0.06	65.74	0.66	0.02	0.78	0.32	100.16	Zn _{1.0} S _{1.0}
Mean (N=10)	0.01	0.00	0.02	32.44	0.06	0.04	0.06	65.72	0.51	0.10	0.47	0.08	99.50	Zn _{1.0} S _{1.0}
Chalcopyrite														
No.43	0.00	0.00	0.05	33.14	5.05	0.04	32.63	0.08	29.39	0.00	0.00	0.00	100.37	Cu _{1.0} Fe _{1.0} S _{2.0}
No.45	0.00	0.00	0.06	34.34	0.06	0.24	34.53	0.38	30.27	0.00	0.66	0.08	100.61	Cu _{1.0} Fe _{1.0} S _{2.0}
No.57	0.00	0.00	0.00	31.28	0.00	1.42	50.51	0.00	14.59	0.00	0.67	0.00	98.47	Cu _{1.0} Fe _{0.5} S _{1.9}
Mean (N=3)	0.00	0.00	0.03	32.92	1.70	0.57	39.22	0.15	24.75	0.00	0.45	0.03	99.81	Cu _{1.2} Fe _{0.8} S _{2.0}
Pyrite														
No.51	0.00	0.00	0.00	53.50	0.00	0.00	0.10	0.02	47.57	0.00	0.33	0.26	101.79	Fe _{1.0} S _{2.0}
Mean (N=1)	0.00	0.00	0.00	53.50	0.00	0.00	0.10	0.02						

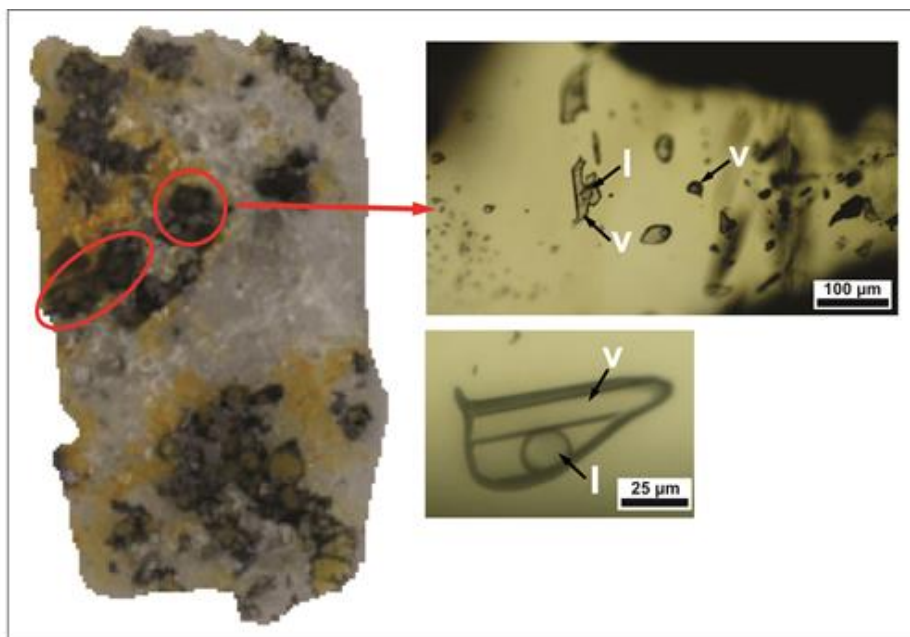


Figure 7. Photomicrographs by transmitted-light of fluid inclusions trapped in sphalerite and quartz of quartz-sulfide ore.

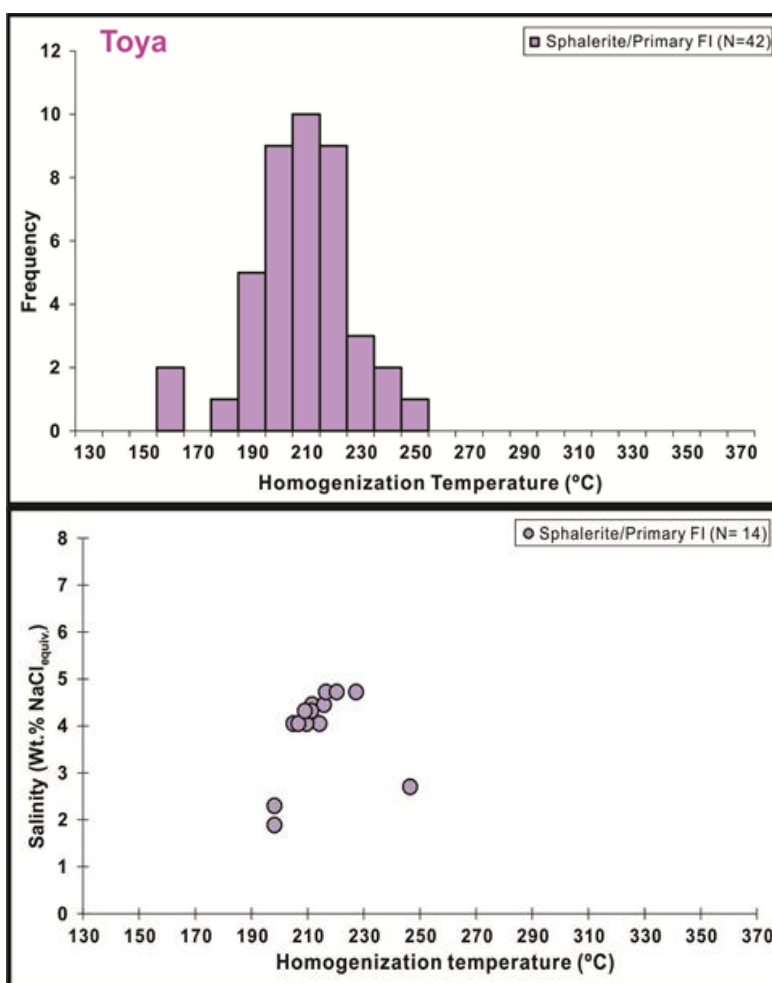


Figure 8. Ranges of homogenization temperature (upper) and salinity (lower) measured for fluid inclusion in sphalerite mineral.

Earlier studies on fluid inclusions in Kuroko samples (Pisutha-Arnond and Ohmoto, 1983) shows two important characteristics of the ore forming fluids such as the temperatures were around 250°C, and the salinities were similar to those of normal seawater (i.e., ~ 3.5 wt.% NaCl_{equiv.}). such fluids may rise like a plume when discharged into the overlying sea; their densities at T ~ 250°C are only about 0.7. Mixing of the plume fluids with cold seawater may cause ore minerals to crystallize out in the plume and settle on the seafloor.

The hydrothermal fluids chemical conditions during ore and gangue minerals deposition in the Toya-Takarada is estimated by geochemical equilibrium thermodynamics of ore deposition. The phase relations together with mineral compositions in the systems Fe-Zn-S (Scott and Barnes, 1971) were used to estimate the ranges of temperature and sulfur fugacity (fS_2) for gold-silver-base metal mineralization of Toya-Takarada.. The sulfur fugacity and temperature conditions for the ore mineralization at the Toya-Takarada is shown in Figure 9.

The precipitation of the base metals- and precious metals-bearing minerals were occurred at the high sulfur fugacity by an additional rising of the hydrothermal fluid and the opening of the fractures. The close relationship of gold with sulfide and quartz-sulfide ores suggests that the gold and the base metals were transported and deposited by similar fluids. It is suggested that the solution with sulfur fugacity around 10^{-16} to 10^{-10} is the main mechanism for the deposition of gold and base metals in the Toya Takarada.

Kuroko-type deposits in Japan including the Toya-Takarada mine have the major constituents of the deposits of pyrite, chalcopyrite, sphalerite, galena, barite and quartz. They are zoned vertically with gypsum and/or anhydrite commonly occurs as separate bodies beside the sulphide-barite bodies.

The zoning of minerals may have resulted from changes in density of the ore solution-sea water mixtures as precipitation proceeded. In Japan, it is thought that the ores were precipitated on the Miocene seafloor from saline solutions in a weakly acidic, reducing environment at about 200-250°C as a result of falling temperatures (Sato, 1977).

Previous studies of light stable isotopes suggest that the mineralizing solutions were predominantly coeval sea water. Lead isotope data, together with base-metal contents of the host rocks, however, indicate that leaching by circulating sea water cannot have been the dominant mechanism. So, magmatic water probably played an important role in the mineralization. According to Sato (1977), about 20-25 Ma, as the Pacific plate was being subducted, a large amount of basic to intermediate magma was generated and differentiated in the lower crustal region. Magmatic fluids produced at the last stage of differentiation, about 13 Ma, rose to the sea-floor and, on mixing with sea water, produced the Kuroko deposits. Subsidence of the sedimentary basins before the felsic volcanism could have been the result of volume decrease during solidification of underlying magma.

Otherwise, Ohmoto (1996) suggests mixing of the ore-forming fluids with local seawater within unconsolidated sediments and/or on the seafloor causes precipitation of "primitive ores" with the black ore mineralogy (sphalerite + galena + pyrite + barite + anhydrite). Then, the reactions between the "primitive ores" with later and hotter hydrothermal fluids cause transformation of "primitive ores" to "matured ores" that are enriched in chalcopyrite and pyrite.

In the condition of hydrothermal fluids contained sufficient amounts of both H₂S and the heavy metals, mixing of hydrothermal fluid with cold seawater is a very effective mechanism for precipitation of sphalerite and galena (and tetrahedrite-tennantite) that form black ores. The

saturation indices for these minerals increase continuously with increasing proportions of cold seawater in the mixtures. During mixing of hot hydrothermal fluid and cold seawater, the common Fe-bearing minerals of pyrite (in some other Kuroko deposits is hematite, goethite, pyrrhotite and less common magnetite) may precipitate.

However Urabe and Marumo (1991) noted the lead isotopic study and Pb/Zn ratios in deposits of the northeastern Pacific Ocean indicate that some lead, as well as other metals such as barium and zinc, came from the wall rock through a leaching process.

CONCLUSIONS

In general, the ore minerals in Kuroko-type deposits of Toya-Takarada occurred mainly

in the black and yellow ores zone dominantly composed of sphalerite, galena, chalcocopyrite and pyrite in association with tetrahedrite-tennantite series. The massive quartz-barite ore sample of Toya-Takarada mine are also contain some rare silver sulfosalt minerals such as proustite, Cu-rich pearceite, geocronite-jordanite and fizelyite. Those minerals were found together in association with sphalerite. The ore minerals composition of common sulfides has the ideal IMA-approved formula. The sulfides ores are zoned vertically with gypsum and/or anhydrite commonly occurs as separate bodies beside the sulphide-barite bodies.

The formation temperature and salinity measured from sphalerite are in the averages of 208°C and 3.9 wt.% NaCl_{equiv.}

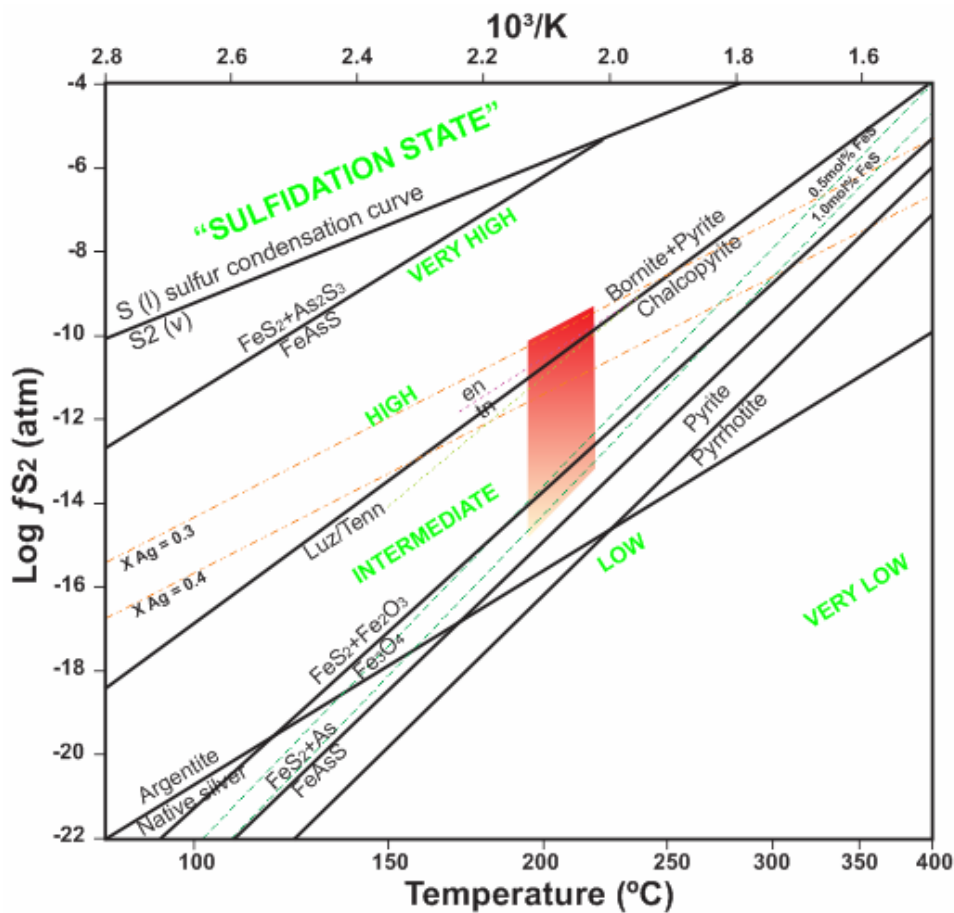


Figure 9. Log f_{S_2} versus temperature conditions for the mineralization at the Toya-Takarada deposit. Isopleths of FeS content for sphalerite are calculated using equations of Scott & Barnes (1971). The shaded areas approximate the sulfur fugacity and temperature conditions for mineralization

The mineral assemblage, iron content in sphalerite and silver content in electrum indicated that sulfur fugacity was slightly high during ore mineralization in Toya-Takarada mine. The stable isotope study of sulfur, oxygen and hydrogen is required to identify the source of mineralizing solutions and to prove the possibility that magmatic water played an important role in the mineralization comparing to the leaching by circulating sea water.

ACKNOWLEDGEMENT

This research project was financially supported by Ministry of Research, Technology and Higher Education of the Republic of Indonesia and Postdoctoral Fellowship Program of Japan Society for Promotion of Science (JSPS).

REFERENCES

Marumo, K., 1985. *Geological and mineralogical studies on alteration zones of Lake Toya area, Southwestern Hokkaido*. Mining Geologi, 35, 5, p.331-344, in Japanese with English abstract.

Marumo, K. and Sawai, O., 1986. *K-Ar ages of some vein-type and Kuroko-type deposits in southwestern Hokkaido, Japan*. Mining Geologi, 36, 1, p.21-26, in Japanese with English abstract.

Roedder, E., 1984. *Fluid Inclusions. Reviews in Mineralogy*, 12, Mineralogical Society of America, Washington D. C, 644p.

Ohmoto, H., 1996. *Formation of volcanogenic massive sulfide deposits: The Kuroko perspective*. Ore Geology Reviews, 10, p.135-177.

Pisutha-Arnond, V. and Ohmoto, H., 1983. *Thermal history, and chemical and isotopic compositions of the ore-forming fluids responsible for the Kuroko massive sulfide deposits in the Hokuroku district of Japan*. International Journal of Economic Geology, Monograf, 5, p523-558.

Sato, T., 1977. *Kuroko deposits: their geology, geochemistry and origin*. Journal of Geological Society, Special Publications, 7, p153-161.

Sawai, O. and Itaya, T., 1993. *K-Ar ages of Kuroko-type deposits in the Shakotan-Toya district, Southwest Hokkaido, Japan*. International Journal of Resource Geology, 43, 3, p.165-172.

Scott, S. D. and Barnes, H. L., 1971. *Sphalerite geothermometry and geobarometry*. International Journal of Economic Geology, 66, p653-669.

Shikazono, N. and Shimizu, M., 1988. *Electrum: chemical composition, mode of occurrence and depositional environment*. University of Museum, University Tokyo Bulletin, 32, 81p.

Urabe, T. and Marumo, K., 1991. *A new model for Kuroko-type deposits of Japan*, Episodes, 14, 3, p246-251.

Yuningsih, E. T. and Matsueda, H., 2013. *Silver sulfosalt minerals from the Toya-Takarada mine, Southwest Hokkaido, Japan*. 63rd Annual Meeting of the Society of Resource Geology (abstract vol.), P-04, p.64.

Diterima	: 23 Juni 2016
Direvisi	: 28 Juli 2016
Disetujui	: 19 Agustus 2016

**PEMANFAATAN FELSPAR DESA PETIR-KECAMATAN BAWANG DAN
DESA WANADRI, KECAMATAN PURWANEGARA, KABUPATEN BANJARNEGARA
UNTUK PEMBUATAN BATA RINGAN**

**USING FELDSPAR FROM PETIR VILLAGE-BAWANG DISTRICT AND
WANADRI VILLAGE, PURWANEGARA DISTRICT, BANJARNEGARA REGENCY
FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE**

Chusni Ansori¹⁾, Gurharyanto²⁾

¹⁾ Balai Informasi dan Konservasi Kebumian Karangasambung-LIPI,
Jl. Karangasambung Km-19, Kebumen

²⁾ Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI, Komplek LIPI, Jl. Sangkuriang 154-D, Bandung
chus001@lipi.go.id

ABSTRAK

Kabupaten Banjarnegara mempunyai potensi felspar yang berasal dari batuan genes felspar dan sekis felspar dengan kandungan Fe_2O_3 dan CaO tinggi yang saat ini dimanfaatkan sebagai bahan baku industri keramik. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemungkinan pemanfaatan felspar menjadi bahan baku bata ringan.

Penelitian ini mencakup penelitian lapangan, karakterisasi dan preparasi bahan baku, formulasi bahan, pembuatan benda uji, analisis sifat fisik dan XRD benda uji. Contoh felspar diambil dari Desa Petir Kecamatan Bawang dan Desa Wanadri Kecamatan Purwanegara. Preparasi dilakukan pada ukuran fraksi kasar (60 s.d. 80) mesh dan fraksi halus (100 s.d. 150) mesh. Benda uji dibuat dari campuran felspar, abu sekam padi, semen, *alumina powder*, *foam agent* (FA), *water glass* dan NaOH dengan berbagai formula. Karakteristik bata ringan yang diharapkan mempunyai densitas 0,8 gr/cm^3 s.d. 1,0 gr/cm^3 dan kuat tekan sebesar 30 kg/cm^2 s.d. 60 kg/cm^2 .

Benda uji dibuat sebanyak 44 buah menggunakan pencampuran masa tuang dengan gelembung udara secara fisik atau *Cellular Lightweight Concrete (CLC)*, pencampuran secara kimia atau *Autoclaved Aerated Concrete (AAC)* tanpa *auto clave* dan metode polimer dengan pengeringan pada suhu kamar. Benda uji yang dibuat dengan metode CLC, menghasilkan densitas terendah 1,0 gr/cm^3 sedangkan kuat tekan maksimal 25,9 kg/cm^2 . Benda uji yang dibuat menggunakan metode polimer, densitas terendah 1,5 gr/cm^3 dengan kuat tekan tertinggi 83 kg/cm^2 .

Bata ringan metode CLC lebih cocok dikembangkan di Banjarnegara karena merupakan teknologi yang sederhana. Komposisi ideal bata ringan metode CLC adalah semen dan air dengan perbandingan 3 banding 2, untuk pembentukan pori dapat menggunakan FA di atas 25 gram, perbandingan felspar dengan *silica amorf* (sekam padi) dengan perbandingan 10 banding 1. Tingginya kandungan Al_2O_3 serta tidak terbentuknya *tubermorite* berpengaruh terhadap tingginya densitas dan rendahnya kuat tekan. Peningkatan kuat tekan dapat dilakukan dengan menambah bahan tambahan (*additive*) berupa *black alumina*, sedangkan untuk menurunkan densitas dapat dilakukan dengan menambah silika amorf dari limbah geothermal maupun organik.

Kata kunci: Banjarnegara, felspar, bata ringan, benda uji

ABSTRACT

Banjarnegara district has enormous potential feldspar that's derived from feldspathic gneiss and and feldspathic schist with a highly content of Fe_2O_3 and CaO . Today's utilization is as a source of silica in the ceramic industry at low prices. This research was conducted with the aim the possibilities to use feldspar into lightweight concrete.

This research includes field research, characterization and preparation of raw materials, formulation, prototype, XRD analysis and physical properties of specimen. Feldspar samples from Petir Village and Wanadri Village has low content of SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O and high content of Fe_2O_3 . Preparation is done on the size of coarse aggregate (60 to 80) mesh and fine aggregate (100 to 150) mesh. Prototype is made from a mixture of feldspar, rice ash, cement, alumina powder, foam agent, water glass and NaOH with various formulas. Characteristics of lightweight concrete that are expected to have density 0.8 kg/m^3 to 1.0 kg/m^3 and a compressive strength of 30 kg/cm^2 to 60 kg/cm^2 .

It has made 44 pieces proto type using mixing period of castings with air bubbles physically as Cellular Lightweight Concrete (CLC), mixing chemically as Autoclaved Aerated Concrete (AAC) without auto clave and methods of polymer by drying at room temperature. Specimens prepared by the method CLC, resulting the lowest density of 1.0 g/cm^3 , while the maximum compressive strength of 25.9 kg/cm^2 . Proto type were made from polymer has lowest density 1.5 g/cm^3 and the highest compressive strength 83 kg/cm^2 .

Lightweight concrete with CLC method more suitable to be developed in Banjarnegara, simpler technology at a lower cost. The ideal composition of lightweight concrete of CLC method with proportion of cement : water; 3 : 2, using the Foam Agent over 25 grams, feldspar comparison with amorphous silica (rice ash) = 10 : 1. The high content of Al_2O_3 and without tubermorite mineral affect of high density and low compressive strength. Increasing the compressive strength can be done by adding the additive materials (black alumina), while lower density can be done by adding amorphous silica from geothermal waste or organic material.

Keyword: Banjarnegara, feldspar, lightweight concrete, prototype

PENDAHULUAN

Kabupaten Banjarnegara mempunyai beberapa potensi sumber daya mineral bukan logam dan batuan, salah satunya adalah feldspar yang terdapat di bagian selatan, meliputi wilayah Kecamatan Pagedongan, Kecamatan Purwonegoro, Kecamatan Bawang dan Kecamatan Mandiraja. Laporan tim eksplorasi umum bahan keramik Pusat Sumber Daya Geologi (2014) menyebutkan bahwa luas keseluruhan sebaran feldspar sekitar 182,5 hektar dengan sumber daya terdapat sebesar 33,6 juta ton. Sebagian besar feldspar tidak bisa digunakan sebagai bahan keramik halus, gelas atau kaca karena tingginya kadar Fe_2O_3 dan CaO , sehingga hanya dimanfaatkan untuk campuran dalam industri keramik.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui karakterisasi produk serta formula bata ringan berbasis feldspar dengan tujuan dapat mengetahui kemungkinan pemanfaatan feldspar untuk bahan baku bata ringan.

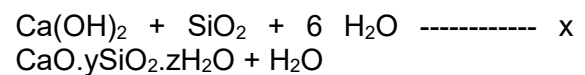
Bata berpori adalah bata yang memiliki berat jenis (*densitas*) lebih ringan daripada bata pada umumnya. Bata berpori disebut juga sebagai bata ringan atau beton ringan alternatif bata (Ngabdurrochman, 2009). Bata berpori dapat dibuat dengan berbagai cara antara lain dengan menggunakan agregat ringan, campuran antara semen, silika, pozzolan dan lain - lain yang dikenal dengan nama *aerated concrete* atau semen dengan cairan kimia penghasil gelembung udara (dikenal dengan nama *foamed concrete* atau *cellular concrete*).

Bata berpori atau beton ringan *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC) pertama kali dikembangkan di Swedia pada tahun 1923 sebagai alternatif material bangunan untuk mengurangi penggundulan hutan. Bata ringan AAC ini kemudian dikembangkan lagi oleh Joseph Hebel di Jerman pada tahun 1943. Hasilnya berupa bata berpori (ringan) atau beton ringan aerasi. Bata ringan sifatnya kuat, tahan lama, mudah dibentuk, efisien, dan berdaya guna tinggi (Ngabdurrochman, 2009).

Bata normal memiliki densitas sekitar 2,2 gr/cm³ s.d. 2,4 gr/cm³ dan kekuatannya tergantung pada komposisi campuran bata (*mix design*). Bata ringan atau beton ringan memiliki densitas <1,8 gr/cm³, kekuatannya sangat bervariasi sesuai dengan pencampuran bahan bakunya. Bata ringan terdiri dari dua jenis, yaitu bata ringan berpori (*aerated concrete*) dan bata ringan tidak berpori (*non aerated concrete*). Bata ringan berpori diproduksi dengan menggunakan agregat ringan seperti batu apung (*pumice*), diatome, skoria, *volcanic cinders* yang dicampur dengan bahan baku dari campuran semen, pasir, gipsum, CaCO₃ dan katalis aluminium. Katalis aluminium akan menimbulkan panas selama terjadinya reaksi hidrasi semen sehingga timbul gelembung-gelembung gas H₂O dan CO₂. Gelembung gas tersebut akan menimbulkan jejak pori dalam bata yang sudah mengeras. Semakin banyak gas yang dihasilkan akan semakin banyak pori yang terbentuk dan bata akan semakin ringan. Pembuatan bata ringan berpori jauh lebih mahal karena menggunakan bahan-bahan kimia tambahan dan mekanisme pengontrolan yang cukup sulit. Pembuatan bata ringan berpori ini pada prinsipnya membuat rongga udara di dalam bata.

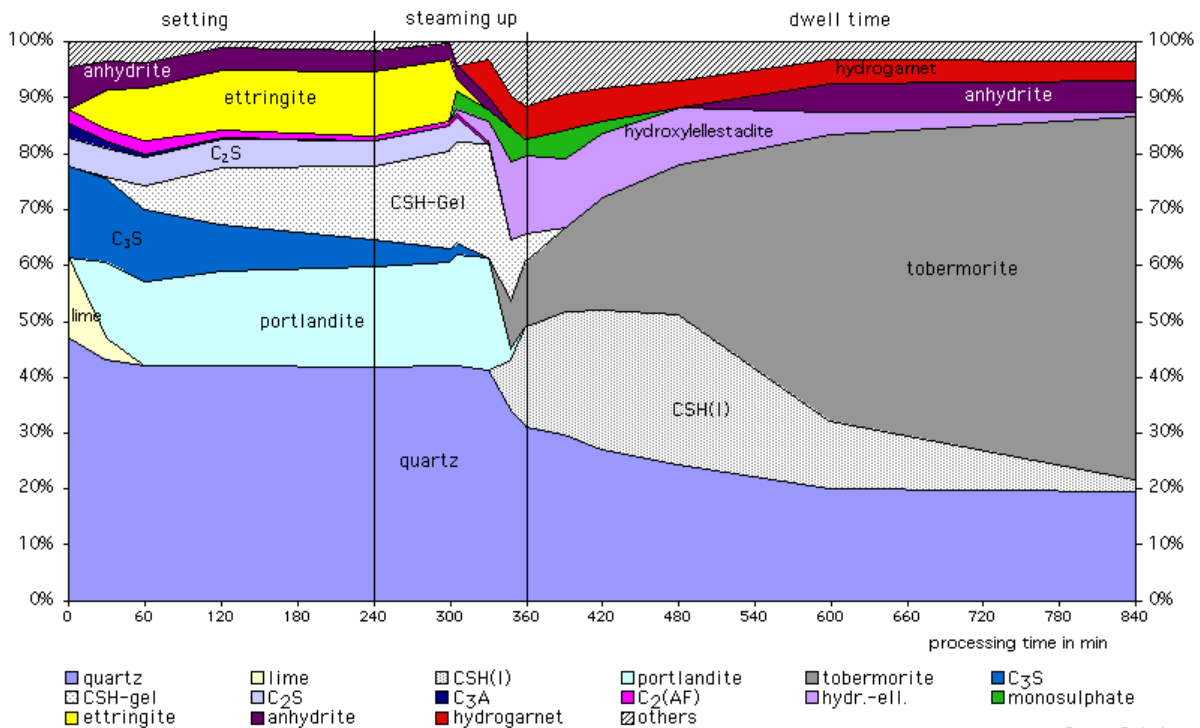
Kekuatan bata ringan tergantung pada struktur dan prosentase terbentuknya *tobermorit*. Struktur pori dibentuk dengan mencampur masa tuang dengan gelembung udara, bisa secara fisik (*Cellular Lightweight Concrete / CLC*) maupun secara kimia (AAC) sehingga volumenya akan mengembang. Karena nilai volumenya bertambah sedangkan

berat masanya tetap maka nilai densitas material pori menurun sehingga menjadi ringan. Gelembung udara harus cukup kuat, tidak mudah pecah dan ukurannya seragam. Untuk mencapai itu perlu pengaturan konsentrasi bahan kimia pembentuk gelembung, kadar prosentase solid dari masa tuang serta metode dan waktu homogenisasi agar gelembung tidak pecah. Walaupun densitas menurun, kekuatan material ringan harus memenuhi kriteria standar teknis tertentu (SII, ASTM atau JIS). Kekuatan material ringan dipengaruhi oleh mineral *tobermorit* yang terbentuk. Untuk meningkatkan dan mempercepat terbentuknya *tobermorit* dilakukan dengan menambahkan bahan aditif sehingga pada proses pengeringan terjadi reaksi-reaksi sekunder sbb:



Reaksi sekunder silika dengan CH/*portlandite* akan membentuk CSH/*tobermorit* dengan struktur yang berbeda dengan CSH pada reaksi primer. Pada temperatur 50°C s.d. 90°C, jenis mineral yang terbentuk pada proses hidrasi adalah *tobermorit*, pada temperatur yang lebih tinggi akan terbentuk *jennite*, *truscotite* (C₇S₁₂H₃), *gyrolite* (C₂S₃H₂) dan *xenolite* (C₆S₆H), (Taylor, 2001). Pada proses hidrasi, bila temperatur dinaikan maka jenis mineral CSH yang terbentuk lebih banyak.

CLC adalah bata ringan yang dibuat dengan menggunakan *foam agent*, secara fisik mencampur busa dengan mortar (adonan semen dan bahan yg berukuran halus) dan proses pengeringannya dilakukan pada temperature ruangan. Sedangkan AAC adalah bata ringan yang dibuat dengan menggunakan *alumina powder* dan Ca (kalsium) secara kimiawi. Gelembung udara dihasilkan dari proses kimia antara alumina dan Ca, sedangkan proses pengeringannya menggunakan *autoclave*. Pembuatan bata ringan menggunakan metode AAC proses waktu produksinya lebih cepat (5 s.d. 7) hari, sedangkan CLC hingga 28 hari.



Gambar 1. Mineralisasi pada proses hidrasi semen dengan terbentuknya *tobermorite* (Schoeber, 2005)

METODOLOGI

Metode pengumpulan data yang dilakukan adalah penelitian lapangan, analisis laboratorium dan pembuatan benda uji.

Penelitian Lapangan

Penelitian lapangan berupa pengamatan singkapan dan pengambilan conto felspar.

Analisis Laboratorium

Analisis kimia dan besar butir bahan baku

Analisis kimia felspar untuk mengetahui kandungan oksida utama dengan menggunakan metode AAS (*Atomic Absorbtion Spectrometer*). Analisis besar butir menggunakan ayakan pada ukuran >60 mesh, 60 s.d. 80 mesh, 100 mesh s.d. 150 mesh dan lebih dari 150 mesh.

Pengujian benda uji

Pengujian dilakukan untuk mendapatkan formula terbaik bahan bangunan yang dihasilkan. Adapun analisis dan pengujian laboratorium meliputi:

- Analisis sifat fisik batuan, untuk mengetahui kuat tekan dan densitas
- Analisis *XRD*, untuk mengetahui komposisi material baru yang telah terbentuk.

Metode pembuatan benda uji

Bahan baku yang digunakan meliputi:

- Felspar dari Banjarnegara (60% s.d. 80%)
- Semen
- Abu sekam padi
- Air
- Foam agent* dan *alumina powder* teknis
- Gypsum teknis dan
- Kalsium dari Padalarang, Bandung.

Peralatan yang digunakan meliputi:

- Peralatan preparasi (*mill* dan ayakan getar)
- Mixer*
- Alat cetak benda uji
- Alat timbangan
- Foam generator*
- Oven

Proses pembuatan meliputi beberapa langkah:

- Felspar Banjarnegara dan sekam padi dilakukan Analisis kimia untuk mengetahui komposisi oksida utamanya.
- Preparasi felspar dan sekam padi meliputi proses penghancuran pada *crusher* dan pengayakan untuk mendapatkan keseragaman ukuran butir.
- Felspar dan sekam padi yang sudah di preparasi dicampur/diaduk merata secara kering dengan semen portland sehingga membentuk mortar (adonan semen dengan material halus).
- Setelah bahan tercampur homogen maka dilakukan penambahan air dan *foam agent* yang kemudian dilakukan pencampuran secara basah hingga homogen. Busa yang dihasilkan dari kompressor sebaiknya tidak mudah pecah sehingga tetap akan menghasilkan bata berpori.
- Setelah itu dilakukan pencetakan sesuai ukuran yang dikehendaki dan kemudian dikeringkan pada suhu ruangan.

GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Berdasarkan Peta Geologi Regional Lembar Banjarnegara dan Pekalongan (WH. Condon dkk., 1996), daerah penelitian masuk dalam kelompok batuan gresak (Kts). Gresak (Kts), serpentin (Kose), batuan basa, ultra basa dan sedimen laut dalam (Kog), sekis dan filit (Km) merupakan komponen batuan yang mengambang pada lempung hitam bersisik dalam Komplek Melange Luk Ulo (KTI). *Melange* Luk Ulo dicirikan oleh struktur yang kacau, adanya percampuran bongkah batuan sedimen, beku dan metamorf dengan masa dasar lempung bersisik.

Bongkah-bongkah batuan dalam unit ini berupa *exotic* dan *native block* berukuran beberapa centimeter hingga ratusan meter, mengambang di dalam matrik halus yang tersusun dari lempung hitam bersisik.

Komponen *Melange* Luk Ulo meliputi :

- Batuan Metamorfik (Km), merupakan batuan tertua yang dijumpai dan terdiri dari genes, sekis hijau, sekis mika, sekis biru, filit, *amphibolite*, eklogit dan marmer. Pengukuran radiometric K-Ar pada sekis mika menunjukkan umur 117 Ma, Ketner, et.al (1976).
- Batuan beku, berupa batuan mafik dan ultra mafik (Kog) yang merupakan seri batuan ofiolit dijumpai sangat bagus. Peridotit, *harsburgit* terserpentinisasi, serpentin, *lersolit hornblende*, gabro dan basalt termasuk kelompok batuan ofiolit. Basalt berstruktur bantal umumnya berasosiasi dengan sedimen laut dalam.
- Sedimen laut dalam (Kog) berupa selang seling rijang dengan lempung merah atau lempung merah gampingan.
- Batuan sedimen, umumnya berupa perselingan batuan pelitik dengan batupasir, disamping itu dijumpai gresak (Kts) dan *metagreywacke* yang sering membentuk struktur *boudinage*

Berdasarkan penanggalan radiometrik K-Ar maka umur metamorfisme sekitar Kapur Akhir (117 Ma), sedangkan dari fosil radiolaria menghasilkan Kapur Awal hingga Kapur Akhir (Wakita et al,1991). Berdasarkan nano fosil dari sedimen di atas *Melange*, ditemukan percampuran fauna Paleosen dengan Eosen, maka diduga umur Komplek *Melange* berkisar Kapur Akhir hingga Paleosen (Asikin,1992 dan Sapri, H., dkk.,1998).

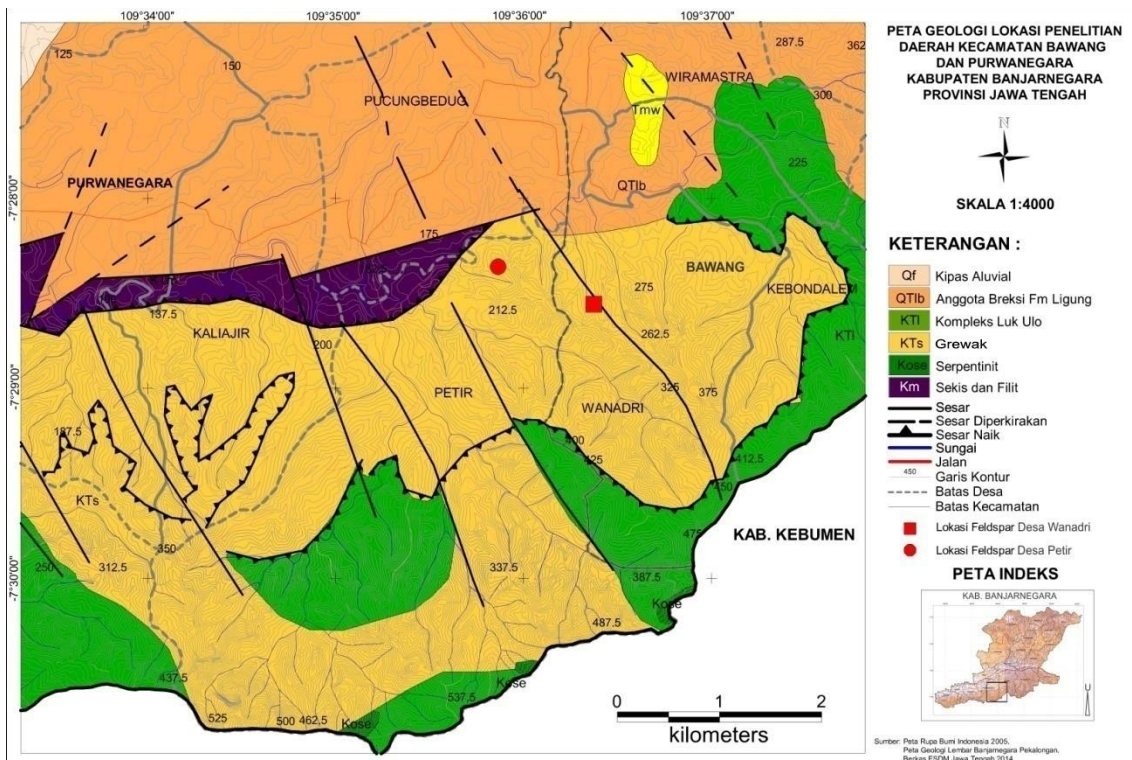
HASIL PENELITIAN

Hasil Penelitian lapangan

Penelitian lapangan dilakukan pada dua (2) lokasi masing-masing berada di Desa Petir Kecamatan Bawang dan Desa Wanadri Kecamatan Purwanegara.

Lokasi-1, Desa Petir, Kecamatan Bawang

Lokasi ini berada di selatan Kali Sapi pada posisi $07^{\circ} 28' 21,5''$ LS dan $109^{\circ} 35' 51,9''$ BT. Di lokasi ini dijumpai singkapan batuan meta grewak dan genes felspar. Batuan berwarna abu-abu muda hingga abu-abu kecoklatan, struktur *gneissic*, tekstur granoblastik yang didominasi oleh mineral granular felspar dan mineral pipih berupa mika dan klorit. Batuan pada lokasi ini termasuk dalam batuan genes (Gambar 3).



Gambar 2. Peta geologi daerah Kecamatan Bawang dan Kecamatan Purwanegara, Kabupaten Banjarnegara



Gambar 3. Lokasi pengambilan bahan baku felspar yang merupakan singkapan batuan genes yang ditambang masyarakat di Desa Petir.

Lokasi-2, Desa Wanadri, Kecamatan Purwanegara

Lokasi-2 berada di posisi 07° 28' 33,4" LS dan 109° 36' 22,5" BT. Litologi berupa genes kaya felspar berwarna abu-abu kekuningan dan kebiruan. Struktur foliasi *gneissic* dengan komposisi berupa plagioklas, kuarsa, mika dan klorit. Selain itu juga dijumpai sekis kaya felspar berwarna abu-abu kecoklatan dengan mineral minor berupa mika dan klorit. Pada beberapa bagian dijumpai singkapan Filit berwarna hitam, struktur *slaty cleavage* dengan mineral grafit dan sedikit mika.

Hasil Analisis Laboratorium Analisis kimia bahan baku

Analisis kimia dilakukan terhadap felspar maupun abu sekam padi lokal (Tabel 1).

Analisis besar butir

Bahan baku felspar dan sekam padi di preparasi terlebih dahulu untuk mereduksi dan menyeragamkan ukuran butir, kemudian dilakukan pengayakan ukuran agregat kasar (60 s.d. 80) mesh dan ukuran agregat halus (100 s.d. 150) mesh (Tabel 2).

Formulasi Bahan Baku

Benda uji yang berupa bata berpori dengan berbagai formulasi diharapkan bisa mendapatkan benda uji dengan densitas < 1 gr/cm³ serta kuat tekan mencapai > 30 kg/cm². Proses pembuatan benda uji ini dilakukan melalui 3 cara yaitu:

- Pencampuran masa tuang dengan gelembung udara secara fisik (CLC). Proses ini dilakukan dengan cara mencampur agregat felspar dan abu sekam dengan semen dan air yang kemudian ditambahkan gelembung udara melalui proses pengadukan secara fisik. Setelah proses

pengadukan mencapai homogen, material tuang dilakukan pencetakan. Proses kristalisasi dan kompaksi material dilakukan pada suhu kamar hingga mengeras selama 28 hari. Pada pembuatan menggunakan sistim CLC, bahan padat berupa felspar, abu sekam padi, semen, *foam agent* dan air.

- Pembuatan bata ringan secara kimia (AAC). Pada proses pembuatan ini pori-pori yang dihasilkan bukan berasal dari gelembung udara namun dihasilkan dari proses kimia pencampuran *alumina powder* dan Ca (kalsium). Pada pembuatan menggunakan sistim AAC, bahan padat berupa felspar, abu sekam padi, semen, kapur, alumina powder dan air. Pada penelitian kali ini, pembuatan secara kimia (AAC) tidak menggunakan *auto clave* namun proses pengerasan memakai suhu kamar.
- Pembuatan bata ringan menggunakan polimer felspar, dilakukan memakai pencampuran aditif bahan cair berupa NaSi (*water glass*), ditambah natrium hidroksida (NaOH) sebagai pereaksi dan air. Bahan cair tersebut dicampurkan dengan bahan padat berupa felspar, abu sekam padi dan semen. Proses pengerasan bahan tuang ini melalui proses polimerisasi, bukan proses hidrasi seperti pada metode CLC dan AAC.

Komposisi bahan yang digunakan sebagai parameter tidak tetap (variabel) berupa: air, felspar, semen, kalsium oksida dan alumina powder. Desain karakteristik bata ringan adalah mempunyai densitas (0,8 s.d. 1,0) dan kuat tekan sebesar (30 s.d. 60) kg/cm². Perbandingan maksimum felspar dan abu sekam padi 1 banding 6 hingga 1 banding 10. Jumlah air ditentukan berdasarkan jumlah semen. Sedangkan komposisi bahan baku pembuatan bata ringan seperti terlihat pada Tabel 4.



Gambar 4. Lokasi penambangan yang tersusun oleh batuan genes, sekis dan filit, Desa Wanadri

Tabel 1. Hasil Analisis kimia abu sekam dan Felspar

No	Unsur Kimia	Abu Sekam (%)	Felspar LP-1 (%)	Felspar LP-2 (%)
1	SiO ₂	94,60	63,68	67,62
2	Al ₂ O ₃	-	16,93	15,562
3	Fe ₂ O ₃	1,20	3,50	3,087
4	CaO	-	0,03	0,01
5	MgO	-	0,12	0,11
6	Na ₂ O	1,45	1,69	2,27
7	K ₂ O	1,60	7,53	5,426
8	LOI		4,30	5,00

Tabel 2. Hasil Analisis ayak felsdpar

No	Ukuran Butir (mesh)	Tertahan (wt.%)	Lolos (wt.%)
1	< 60	00,00	100,00
2	(60 s.d. 80)	01,80	96,85
3	(80 s.d. 100)	02,70	94,10
4	(100 s.d. 150)	08,20	85,70
5	>150		85,70

Tabel 3. Hasil Analisis ayak abu sekam padi

No	Ukuran Butir (mesh)	Tertahan (wt.%)	Lolos (wt.%)
1	< 60	1,50	98,20
2	(60 s.d. 80)	67,80	31,00
3	(80 s.d. 100)	16,00	14,50
4	(100 s.d. 150)	9,00	5,20
5	>150		5,20

Tabel 4. Perbandingan jumlah air, semen, abu dan felspar

No	Sampel	Semen: Air		Semen : Agregat		(Agregat) Abu Sekam Padi : Felspar	
1	C	1	4	1	5	1	6
2	B	3	10	1	5	1	8
3	A	3,5	10	1	5	1	10

Kegiatan pembuatan benda uji dilakukan dengan cara kering yang kemudian dilakukan homogenisasi masa tuang dengan cara basah. Setelah itu dilakukan pencetakan sistem tuang, setelah 24 jam benda uji dikeluarkan dari cetakan. Secara visual tampak perubahan pori yang terbentuk untuk konsentrasi gelembung udara yang berbeda. Proses pencampuran

benda uji akan menghasilkan unsur silika amorf yang akan bereaksi dengan semen sehingga membentuk calcium silikat hydrate/CSH secara terus menerus hingga

terbentuk CSH yang optimal. Hasil pembuatan benda uji dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil pembuatan benda uji dan formula bata ringan berbasis felspar Banjarnegara

NO	NAMA	BAHAN PADAT (gram)					BAHAN CAIR (cc)			KETERANGAN
		FEL	ASP	SMN	KAPUR	ALM/FA	Na.Si	Na.OH	AIR	
CLC										
1	MFA-1.1	400	40	100		15 FA			100	Masa tuang encer, benda uji kekuatannya rendah, komp no.3 jadi (MFA-1.3) lainnya cacat struktur dan bentuk
2	MFA-1.2	400	40	100		20 FA			100	
3	MFA-1.3	400	40	100		25 FA			100	
4	MFA-1.4	400	40	100		30 FA			100	
5	MFA-2.1	400	50	100		15 FA			200	Masa tuang lebih kental, benda uji kekuatannya lebih rendah, semua cacat struktur dan bentuk
6	MFA-2.2	400	50	100		20 FA			200	
7	MFA-2.3	400	50	100		25 FA			200	
8	MFA-2.4	400	50	100		30 FA			200	
9	MFA-3.1	400	40	125		15 FA			100	Masa tuang kental, benda uji kekuatan rendah, komp no.11 jadi (MFA-3.3), lainnya cacat struktur dan bentuk
10	MFA-3.2	400	40	125		20 FA			100	
11	MFA-3.3	400	40	125		25 FA			100	
12	MFA-3.4	400	40	125		30 FA			100	
13	MFA-4.1	400	50	125		15 FA			100	Masa tuang kental, benda uji kekuatannya rendah, semua cacat struktur dan bentuk
14	MFA-4.2	400	50	125		20 FA			100	
15	MFA-4.3	400	50	125		25 FA			100	
16	MFA-4.4	400	50	125		30 FA			100	
17	MFA-5.1	400	40	150		15 FA			100	Masa tuang kental, benda uji kekuatannya sedang, komp no 18(MFA-5.2), 19 (MFA-5.3), 20 (MFA-5.4) jadi, komp no 17 (MFA-5.1) cacat struktur/retak rambut
18	MFA-5.2	400	40	150		20 FA			100	
19	MFA-5.3	400	40	150		25 FA			100	
20	MFA-5.4	400	40	150		30 FA			100	
21	MFB-1.1	400	40	150		15 FA			100	Masa tuang kental, benda uji kekuatannya sedang, komp no. 23 (MFB-1.3) dan 24 (MFB-1.4) jadi, sedangkan komp no 21,22 cacat struktur (retak rambut)
22	MFB-1.2	400	40	150		20 FA			100	
23	MFB-1.3	400	40	150		25 FA			100	
24	MFB-1.4	400	40	150		30 FA			100	
25	MFA-6.1	400	40	175		25 FA			100	Masa tuang kental, cacat struktur (retak)/ terlalu peka pada perubahan temp
26	MFA-6.2	400	40	175		30 FA			100	sama
27	MFB-6.3	400	40	175		30 FA			100	sama

Dari kegiatan di atas menunjukkan bahwa, komposisi ideal masa tuang berbahan baku felspar Banjarnegara adalah, semen/air = 3/2, kemudian untuk pembentukan pori menggunakan FA jumlah foam di atas 25 gram, perbandingan felspar dengan silica amorf (sekam padi) = 10:1. Untuk meningkatkan kekuatan dan menurunkan densitas bisa dilakukan dengan menambah bahan kimia penguat beton untuk membantu mentreatment air (banyak mineral Ca-Al-Si-H lihat XRD). Kalau dilakukan dengan menambah semen, pada saat pengeringan banyak terbentuk retakan-retakan kecil/halus sehingga benda uji mengalami cacat struktur. Sering terjadi saat dikeluarkan dari cetakan benda uji menjadi rusak atau mengalami cacat bentuk, terbelah menjadi beberapa bagian.

AAC											
1	MF A-7.1	400	40	100	50 kpr	1,0 AL				100	Masa tuang kental, benda uji jadi dan berpori, kekuatannya rendah,
2	MF A-7.2	400	40	100	50 kpr	1,5 AL				100	
3	MF A-7.3	400	40	100	50 kpr	2,0 AL				100	
4	MF A-8.1	400	40	125	50 kpr	1,0 AL				100	Masa tuang kental, benda uji jadi dan berpori, kekuatannya lebih baik
5	MF A-8.2	400	40	125	50 kpr	1,5 AL				100	
6	MF A-8.3	400	40	125	50 kpr	2,0 AL				100	
7	MF A-9.1	400	40	150	50 kpr	1,0 AL				100	Masa tuang kental, benda uji jadi dan berpori, kekuatannya lebih baik lagi
8	MF A-9.2	400	40	150	50 kpr	1,5 AL				100	
9	MF A-9.3	400	40	150	50 kpr	2,0 AL				100	
10	MF A-10.1	400	40	150	25 kpr	2,0 AL				100	Masa tuang kental, benda uji jadi tetapi padat, kekuatannya lebih baik lagi

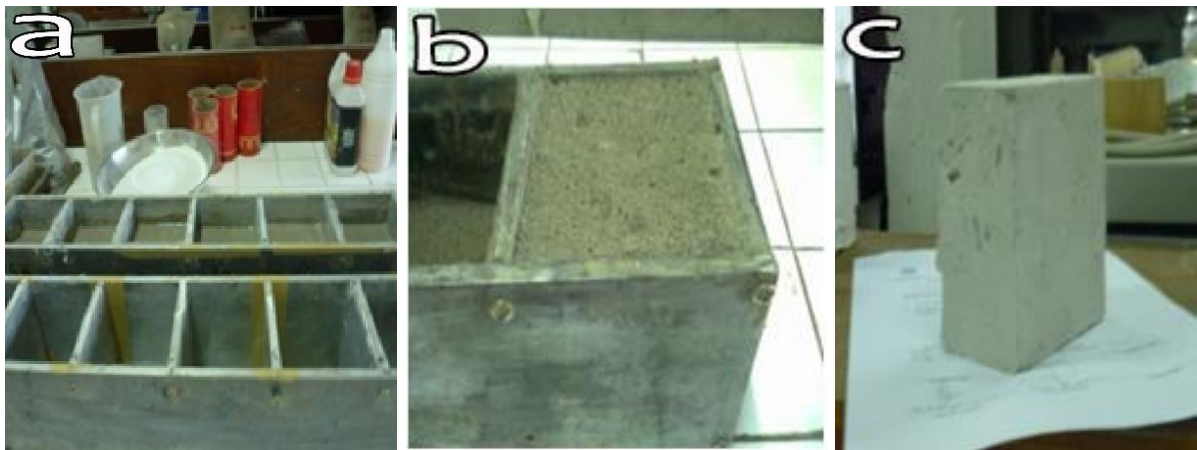
POLIMER FELSPAR										
1	MFP-a	700	60	50		25 FA	132	60	50	Masa tuang kental, benda uji jadi tetapi padat, kekuatan terbesar komposisi no.3
2	MFP-b	700	60	50		25 FA	100	30	50	
3	MFP-c	700	60	50		25 FA	66	15	50	
4	MFP-d	700	60	50		2,0 AL	66	15	50	Masa tuang kental, benda uji jadi, berpori (vol bertambah) kekuatannya belum diuji
5	MFP-e	700	60	50		2,0 AL	66	15	50	
6	MFP-f	700	60	50		2,0 AL	66	15	50	

Keterangan:

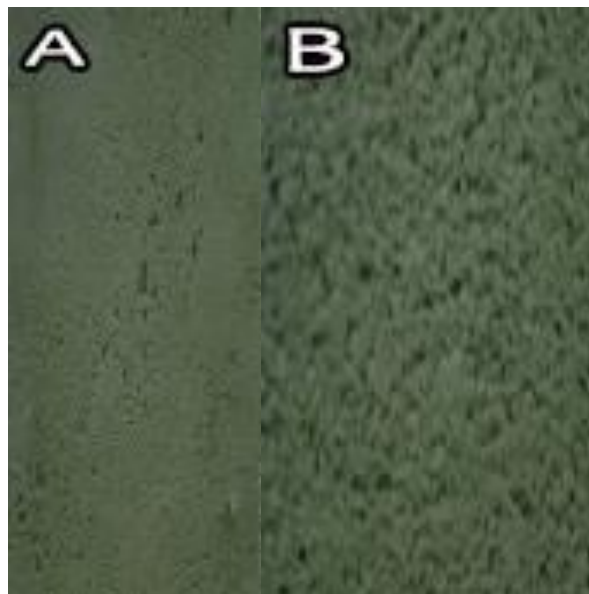
FA	: Foam Agent	FEL	: Felspar
NaSi	: Waterglass	ASP	: Abu Sekam Padi
NaOH	: Pereaksi	SMN	: Semen
AGR	: Agregat	ALM	: Alumina Powder

Catatan :

- Pembuatan 43 (empat puluh tiga) benda uji pada skala laboratorium
- Cetak tebal, dilakukan uji sifat fisik material bahan tambang



Gambar 5. a) mencetak benda uji, b) benda uji berumur 1 hari, c) benda uji berumur 7 hari



Gambar 6. Struktur permukaan benda uji dengan perbedaan konsentrasi gelembung 10 gr (A) dan 20 gr (B)

Analisis Benda Uji

Benda uji yang dibuat sebanyak 44 buah, menggunakan formula A, B atau C (lihat Tabel 4) dengan menggunakan metode CLC, AAC ataupun polimer felspar. Sebanyak 13 benda uji berhasil dibuat dan diuji, dengan densitas dan kuat tekan yang bervariasi. Sedangkan lainnya tidak memungkinkan karena banyak mengalami retak rambut sehingga tidak akan

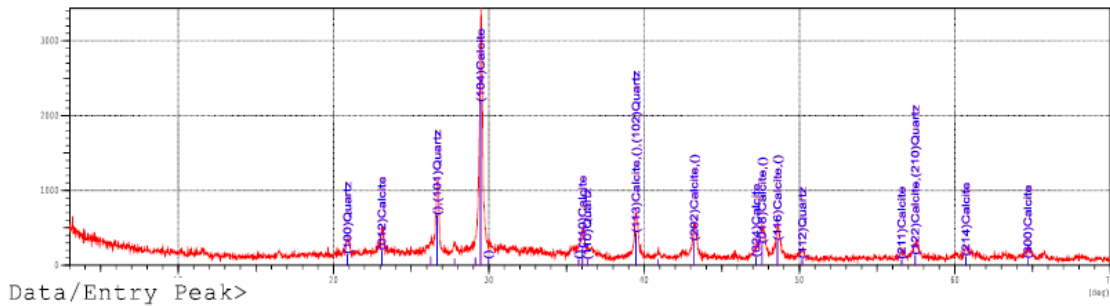
memberikan hasil pada saat analisis sifat fisik material. Retak rambut ini kemungkinan terjadi akibat proses pengeringan yang tidak optimal. Hasil analisis benda uji dari masing-masing formula yang ada dapat dilihat pada Tabel 6. Analisis XRD juga telah dilakukan pada benda uji no 24 (MFB-1.4) dengan pola grafik seperti terlihat pada Gambar 8, dimana mineral *tobermorit* atau *calcium silikate hydrate* (CSH) tidak terbentuk.

Tabel 6. Hasil Analisis sifat fisik benda uji dari berbagai komposisi bahan uji

NO BENDA UJI	NAMA BENDA UJI	BAHAN PADAT (gram)					BAHAN CAIR (cc)			DENSITAS (gr/cm ³)	KUAT TEKAN (kg/cm ²)
		FEL	ASP	SMN	KAPUR	ALM/FA	Na.Si	Na.OH	AIR		
CLC											
3	MF A-1.3	400	40	100		25 FA			100	1,10	18,0
11	MF A-3.3	400	40	125		25 FA			100	1,21	18,5
18	MF A-5.2	400	40	150		20 FA			100	1,35	24,0
19	MF A-5.3	400	40	150		25 FA			100	1,30	22,3
20	MF A-5.4	400	40	150		30 FA			100	1,23	18,8
23	MF B-1.3	400	40	150		25 FA			100	1,1	25,9
24	MF B-1.4	400	40	150		30 FA			100	1,0	21,3
AAC											
3	MF A-7.3	400	40	100		50	2 ALM		100	1,1	14,2
6	MF A-8.3	400	40	125		50	2 ALM		100	1,1	15,0
9	MF A-9.3	400	40	150		50	2 ALM		100	1,2	16,4
POLIMER FELSPAR											
1	MFP-a	700	60	50		25 FA	132	60	50	1,5	54,6
2	MFP-b	700	60	50		25 FA	100	30	50	1,7	71,2
3	MFP-c	700	60	50		25 FA	66	15	50	1,9	83,0

Keterangan:

- FEL : Felspar
- FA : Foam agent
- Na.Si : Waterglass
- Na.OH : Pereaksi
- ALM : Alumina powder
- ASP : Abu sekam padi
- SMN : Semen
- AGR : Agregat



Gambar 8. Data XRD benda uji no 24 (MF B-1.4)

Berdasarkan data XRD tersebut, maka mineral yang terbentuk pada bata ringan meliputi :

- Kalsium Karbonat (CaCO_3)
- Kalsium Oksida (CaO)
- Silikon Oksida (SiO_2)
- *Calcium Aluminium Silicate Hydrate/CASH*

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis kimia felspar yang berukuran -100 mesh (Tabel 1), menunjukkan bahwa conto felspar Banjarnegara didominasi oleh silika, alumina dan potasium. Komposisi kimia tersebut menunjukkan bahwa felspar Banjarnegara memungkinkan untuk dibuat bata ringan berbasis semen maupun polimer karena kadar SiO_2 berada di atas 60%. Kandungan unsur lain yang nilainya cukup tinggi adalah Al_2O_3 hingga 16%. Kandungan alumina yang tinggi perlu mendapat perhatian, karena dalam proses pembuatan beton ringan menggunakan unsur kalsium (Ca), demikian juga untuk proses polimer yang dasarnya menggunakan bahan baku alumino-silikat. Batasan untuk kandungan unsur alumina tidak spesifik, tetapi perlu dipertimbangkan karena berpengaruh di dalam proses sehingga akan mempengaruhi perilaku proses dan kualitas produk.

Kualitas produk bata ringan tergantung pada berat jenis dan kuat tekan (*compressive strenght*). Kedua faktor tersebut sangat berpengaruh di dalam pemanfaatannya. Bahan bangunan yang dibuat dari bahan campuran berbasis semen maupun polimer kekuatannya

dipengaruhi oleh komposisi bahan campuran, seperti jumlah bahan perekat (semen). Oleh karena itu jumlah bahan perekat menjadi salah satu faktor variabel di dalam proses.

Dalam kegiatan penelitian ini jumlah komposisi bahan perekat/semen untuk metode CLC dan AAC adalah 100,125, 150 dan 175 gram (lihat Tabel 5), sedangkan untuk polimer perbandingan komposisi pereaksi ($\text{NaSi} : \text{NaOH}$) = 132 cc : 60 cc, 100 cc : 30 cc, dan 66 cc : 15 cc.

Sifat ringan pada bata atau benda uji disebabkan karena bentuk struktur berpori yang dibentuk dengan cara mencampur gelembung udara dengan masa tuang. Oleh karena itu densitas benda uji tergantung pada jumlah gelembung udara yang digunakan, bila dilakukan secara fisik tergantung pada jumlah *foam agent* atau bila dilakukan secara kimia tergantung pada jumlah alumina dan kalsium yang digunakan. Pengaturan jumlah gelembung udara yang digunakan atau unsur pengembang sering menjadi permasalahan, semakin banyak unsur pengembang yang digunakan, benda uji akan semakin ringan tetapi kekuatannya semakin rendah. Untuk mendapatkan kekuatan yang memenuhi ketentuan standar, dapat dilakukan dengan percobaan berulang (*trial and error*) sampai diperoleh densitas di bawah nilai 1,0. Setelah dilakukan percobaan berulang-ulang, pembuatan benda uji menggunakan bahan baku felspar (*densitas powder* : 2,1), prosentase solid masa tuang (campuran felspar, asap sekam padi, semen dan atau kapur) 80% s.d. 85%, *foam agent* antara

20 gr, 25 gr, 30 gr, dengan jumlah *alumina powder* 1 gr s.d. 2 gr sehingga diperoleh densitas bata yang mendekati nilai 1,0 kg/m³ (Tabel 6). Dalam proses pembuatan benda uji bata ringan yang telah dilakukan, diperoleh benda uji yang memenuhi syarat (tidak cacat fisik/retak) sebanyak 13 benda uji dari 43 contoh komposisi dengan berbagai variabel berupa bahan perekat, dan bahan pengembang (Tabel 6).

Pada pembuatan bata ringan metode CLC (*Cellular Lightweight Concrete*) menggunakan bahan perekat semen, menghasilkan 7 conto benda uji dengan kode benda uji MFA dan MFB. Conto bahan uji tersebut terdiri dari campuran bahan padat berupa felspar 400 gr, abu sekam padi 40 gr, semen bervariasi antara 100 gr s.d. 150 gr, *foam agent* antara 20 s.d. 30 gr, dengan komposisi air 100 gr. Bata ringan yang terbentuk mempunyai kisaran densitas 1,0 gr/cm³ s.d. 1,35 gr/cm³ dengan kuat tekan berkisar 18,5 kg/cm² s.d. 25,9 kg/cm². Kuat tekan terbaik (25,9 kg/cm²) dengan densitas 1,1 gr/cm³ didapatkan pada benda uji 23 (MF B-1.3) yang dihasilkan dari percampuran 400 gr felspar, 40 gr abu sekam, 150 gr semen, 25 gr *foam agent* dengan 100 gr air.

Pada pembuatan bata ringan dengan formula AAC (*Autoclaved Aerated Concrete*) yang menggunakan campuran 50 gr kapur dan 2 gr aluminium powder terlihat bahwa 3 benda uji yang ada mempunyai kisaran densitas 1,1 gr/cm³ s.d. 1,2 gr/cm³ serta kuat tekan antara 14,2 kg/cm² s.d. 16,4 kg/cm². Rendahnya kualitas yang dihasilkan disebabkan karena proses pengeringan tidak menggunakan *Auto Clave*, sehingga proses ini sebenarnya juga sama menggunakan CLC namun tidak menggunakan *Foam Agent*.

Pada pembuatan bata ringan menggunakan bahan perekat polimer yang dibuat dari campuran *water glass* (Na.Si) dengan Na OH, dapat dihasilkan 3 benda uji (benda uji no. 1 s.d. 3) dengan kisaran densitas 1,5 gr/cm³ s.d. 1,9 gr/cm³ serta kuat tekan yang sangat bagus yaitu antara

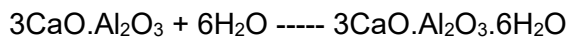
54,6 kg/cm² s.d. 83,0 kg/cm². Terlihat bahwa semakin tinggi densitas, maka kuat tekannya juga semakin tinggi. Campuran dengan perekat polimer nampaknya memberikan bata dengan kuat tekan terbaik, namun densitasnya belum seperti yang diharapkan.

Hasil Analisis fisik ketiga metode tersebut menunjukkan bahwa untuk bata ringan yang menggunakan bahan perekat semen yang diproses secara fisik dan kimia, densitas terendah yang bisa dicapai sebesar 1,0 gr/cm³ dengan kuat tekan sebesar 21,3 kg/cm² (benda uji no 24). Kekuatan bata ringan tersebut setara dengan bata merah kelas B yang densitasnya (2,0 gr/cm³ s.d. 2,4 gr/cm³). Sedangkan pada benda uji bata ringan yang diproses secara kimia memakai metode AAC (menggunakan *alumina powder*) berat jenisnya berkisar 1,1 s.d. 1,2 gr/cm³ dengan kuat tekan yang lebih rendah (14 s.d. 16) kg/cm². Pada proses pembentukan struktur porus yang menggunakan *foam agent* 25 gram (Tabel 6) atau *alumina powder* 2 gram, belum mampu mengembangkan masa tuang polimer yang prosentase solidnya mencapai 95%. Tetapi pada pembuatan benda uji yang menggunakan bahan perekat semen (berbasis semen) dengan prosentase solid 80% s.d. 85% penggunaan bahan pengembang tersebut sudah mampu mengembangkan masa tuang.

Jika mengacu pada pengertian umum bahwa bata normal (bata merah) memiliki densitas 2,2 gr/cm³ s.d. 2,4 gr/cm³ maka sebenarnya semua benda uji sudah termasuk dalam kategori bata ringan karena densitas tertinggi adalah 1,9 gr/cm³ sedangkan densitas terendah mencapai 1 gr/cm³. Sedangkan berdasarkan pengertian umum yang berkembang pada industri, kuat tekan bata ringan adalah 20 kg/cm² s.d. 40 kg/cm² sehingga benda uji no. 18, 19, 23, 24 (CLC) dan benda uji no. 1, 2, 3 polimer telah masuk dalam kriteria bata ringan. Target yang diharapkan untuk mendapatkan bata ringan dengan densitas <1 gr/cm³ serta kuat tekan antara 30 kg/cm²

s.d. 60 kg/cm² belum tercapai, namun secara umum bata ringannya sudah bisa diwujudkan.

Scoeber (2005) menyatakan bahwa demineralisasi akan terjadi bila benda uji dikeringkan dengan menggunakan *autoclave* (Gambar 1). Setelah proses berlangsung selama 360 menit, mineral *tobermorit* atau *calcium silicate hydrate* (CSH) terbentuk secara signifikan sehingga kekuatannya meningkat. Berdasarkan data analisis XRD, mineral *Calcium Silicate Hydrate* (CSH) atau sering disebut sebagai *Tobermorite* belum terbentuk yang menandakan bahwa proses demineralisasi belum berjalan maksimal sehingga berpengaruh terhadap kuat tekan benda uji. Reaksi antara silika-kalsium-air dalam proses hidrasi hanya menghasilkan kalsium karbonat dan kalsium alumina silikat hidrat. Kemungkinan penyebabnya adalah kelebihan air pada proses hidrasi (lihat reaksi kimia) pada suhu rendah (30°C). Komposisi benda uji atau proses pengeringan yang kurang tepat menjadikan *tobermorite* tidak terbentuk.



Proses demineralisasi akan berjalan lebih maksimal jika benda uji tersebut dilakukan pemanasan dengan *Auto Clave* pada temperatur 220°C dan tekanan 12 Bar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan di atas, felspar di daerah penelitian dapat digunakan untuk pembuatan bata ringan karena kandungan SiO₂ di atas 60%, namun tingginya kadar Al₂O₃ berpengaruh terhadap densitas bata. Pembuatan bata ringan dengan metode CLC menggunakan bahan perekat semen, densitas terendah mencapai 1,0 gr/cm³ sedangkan kuat tekan maksimal 25,9 kg/cm². Bata ringan menggunakan metode polimer, densitas terendah 1,5 gr/cm³ dengan kuat tekan tertinggi 83 kg/cm². Bata ringan metode CLC lebih cocok dikembangkan dengan teknologi sederhana. Komposisi ideal

pembuatan bata ringan metode CLC berbahan baku felspar dengan perbandingan semen dan air yakni 3 banding 2, menggunakan FA di atas 25 gram untuk pembentukan pori, perbandingan felspar dengan sekam padi yakni 10 banding 1. Untuk meningkatkan kuat tekan bata ringan dilakukan dengan menambah bahan kimia penguat beton dan air dengan komposisi tertentu, sedangkan untuk menurunkan densitas dapat dilakukan dengan menambah silika *amorf*. Tingginya kandungan alumina oksida dan tidak terbentuknya *tobermorite* pada pembuatan bata ringan menjadikan densitas bata >1 gr/cm³ serta kuat tekan bata tidak maksimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini terutama kepada Kepala Dinas Pengelolaan Sumber Daya Alam Energi Sumber Daya Mineral (PSDA ESDM) Kabupaten Banjarnegara dan Kepala Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI Bandung.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2014; Laporan Eksplorasi Umum Bahan Keramik di Desa Kalitengah dan Sekitarnya, Kabupaten Banjarnegara; Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi; Bandung
- Asikin, S., dkk., 1992; Peta Geologi Lembar Kebumen, Jawa, Skala 1: 100.000; Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi; Bandung.
- Condon, W.H., dkk.; 1996; Peta Geologi Lembar Banjarnegara dan Pekalongan, Jawa, Skala 1:100.000; Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi; Bandung.
- Kardiyono Tjokrodimuljo, 2003, Pemanfaatan Breksi Batu Apung Asal Pleret Untuk Pembuatan Bata Beton Ringan Sebagai Pengganti Bata Merah Pejal, Media Teknik No.4 Tahun XXV Edisi November 2003, hal 27-34

- Kerr PF.,1959. Optical Mineralogy, mc. Graw Hill Book Company Inc; New York,Toronto, London.
- Schober G., 2005. The Most Important Aspects of Microstructure Influencing Strength of AAC. In AAC, Taylor & Francis, p. 145-153.
- Sapri, H., Djoehanah, S., Mulyadi, D., 1998; Nanoplanton paleogen dari sedimen olistostrome di daerah Luk Ulo Jawa Tengah; Laporan hasil penelitian Puslitbang Geoteknologi - LIPI, Bandung.
- Taylor FW, 2001. Etringgite in Hydration of Portland Cement Concrette and its Occurrence in Mature Concrette. <http://share.pdfonline.com>.
- Ngabdurrochman., 2009. Makalah Teknologi Beton Ringan, diakses 15 april 2014 dari <http://gie713.blogspot.com>
- Wakita, K., et al., 1991; Nature And Age of Sedimentary Rocks of Luk Ulo Melange Complex in Karangsembung Area, Central Java, Indonesia; Symposium on Dynamic of Subduction and Its Product, Yogyakarta.

Diterima	: 24 Mei 2016
Direvisi	: 1 Juli 2016
Disetujui	: 26 Agustus 2016

**KARAKTERISTIK BATUAN INDUK HIDROKARBON DAN HUBUNGANNYA
DENGAN REMBESAN MINYAK DI LAPANGAN MINYAK CIPLUK,
KABUPATEN KENDAL, PROVINSI JAWA TENGAH**

**THE CHARACTERISTIC OF HYDROCARBON SOURCE ROCK AND ITS RELATIONSHIP
TO OIL SEEPAGE IN THE CIPLUK OILFIELD, KENDAL REGENCY,
CENTRAL JAVA PROVINCE**

Praptisih

Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI,
Jl. Sangkuriang Komplek LIPI Gedung 70 Bandung
praptie3103@yahoo.com

ABSTRAK

Lapangan minyak Cipluk di Cekungan Serayu Utara merupakan lapangan minyak tua jaman Belanda yang telah ditinggalkan, dan belum pernah dilakukan analisis geokimia minyak atau batuan yang diduga sebagai batuan sumber. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik batuan induk dari Formasi Kerek dan Formasi Penyatan dan hubungannya dengan rembesan minyak bumi di Sojomerto. Metodologi yang dilakukan adalah penelitian lapangan dan analisis laboratorium. Dari analisis batuan induk diperoleh nilai Kandungan Organik Karbon (TOC) yang berkisar dari 0,72% sampai 7,97%, yang menunjukkan kategori sedang hingga sangat baik untuk mampu membentuk hidrokarbon. Berdasarkan pirolisis *rock eval* tingkat kematangan *thermal* dari conto berada dalam kisaran belum matang hingga matang, sedangkan tipe kerogennya termasuk ke dalam tipe III. Hasil analisis geokimia conto minyak menunjukkan minyak yang telah mencapai tingkat matang, batuan induk minyak diendapkan pada lingkungan estuarin atau lakustrin dangkal dengan material organik yang berasal dari tumbuhan daratan. Rembesan minyak di Sojomerto tidak mempunyai korelasi geokimia dengan conto batuan induk dari Formasi Kerek atau Formasi Penyatan.

Kata kunci: Formasi Kerek, Formasi Penyatan, karakteristik batuan induk, rembesan minyak

ABSTRACT

The Cipluk oil field located in the North Serayu Basin is the oil field in the Dutch Era and has been abandoned and geochemical analysis of oil and rock predicted as source rocks has never been done. The propose of the study was to detemine source rock potential of Kerek and Penyatan Formation and also to know geochemical characteristic of oil seepage at Sojomerto. The method used in this study are a field research and taking samples of mudstone and oil seepage tobe analyzed in the laboratory. Results of the analysis indicate that the source rock has a TOC value 0,72%-7,97% which in the catagory moderate to very good to be able to form hidrocarbon. Based on the Rock Eval Pirolysis the levels of thermal maturity of the samples in range of immature to mature and the type of kerogen is type III. Geochemical analysis of oil sample show that the levels of maturity is mature and the oil source rock deposited in estuarine or shallow lacustrine environment with organic material derived from land plants. Oil seepage at Sojomerto no geochemical correlation with source rock samples.

Keywords: Kerek Formation, Penyatan Formation, source rock characteristic, Oil seepage

PENDAHULUAN

Penelitian batuan induk dilakukan di daerah Kabupaten Kendal, Provinsi Jawa

Tengah. Di daerah tersebut terdapat lapangan minyak Cipluk yang merupakan lapangan minyak tua peninggalan Belanda yang sampai sekarang masih dimanfaatkan-

kan oleh masyarakat setempat. Lapangan minyak Cipluk termasuk dalam Cekungan Serayu Utara (*North Serayu Basin*), secara regional menerus ke Cekungan Bogor di Jawa Barat, dan ke Zona Kendeng di Jawa Timur. Jalur ini membentang di sepanjang Pulau Jawa yang disebut *Bogor-North Serayu-Kendeng Deep Water Zone* (Setyana, 2004). Keberadaan rembesan minyak di daerah Kendal membuktikan di daerah tersebut terdapat batuan induk efektif (*effective source rock*). Permasalahannya adalah batuan induk mana yang menjadi sumber rembesan minyak di daerah tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik batuan induk di daerah Liangan serta hubungannya dengan rembesan minyak bumi di daerah Sojomerto, Kecamatan Singorejo. Dengan mengetahui lingkungan pengendapan dan karakteristik rembesan minyak, diharapkan dapat diketahui hubungan antara rembesan minyak dengan formasi batuan yang tersingkap di sekitar lokasi rembesan tersebut.

METODOLOGI

Penelitian ini diawali dengan studi pustaka yang berkaitan dengan cekungan sedimen yang telah terbukti mengandung hidrokarbon. Metode pengumpulan data yang dilakukan adalah penelitian lapangan dan laboratorium. Penelitian lapangan meliputi pengamatan litostratigrafi Formasi Kerek dan Formasi Penyatan, serta pengambilan conto batuan dan rembesan minyak. Penelitian laboratorium terdiri dari dua jenis analisis geokimia, yang pertama adalah analisis geokimia batuan induk yang meliputi analisis kandungan bahan organik total atau "*total organic carbon content*" (TOC). Analisis pirolisis hanya dilakukan terhadap conto batuan yang mempunyai nilai TOC lebih besar dari 0,5%, tujuan analisis pirolisis adalah untuk mengetahui *Production Index* (PI), tipe dari kerogen (indek Hidrogen) dan Temperatur maksimum (C) pembentukan hidrokarbon dari kerogen. Kedua, analisis karakteristik

geokimia rembesan minyak bumi meliputi analisis *Gas Chromatography* (GC).

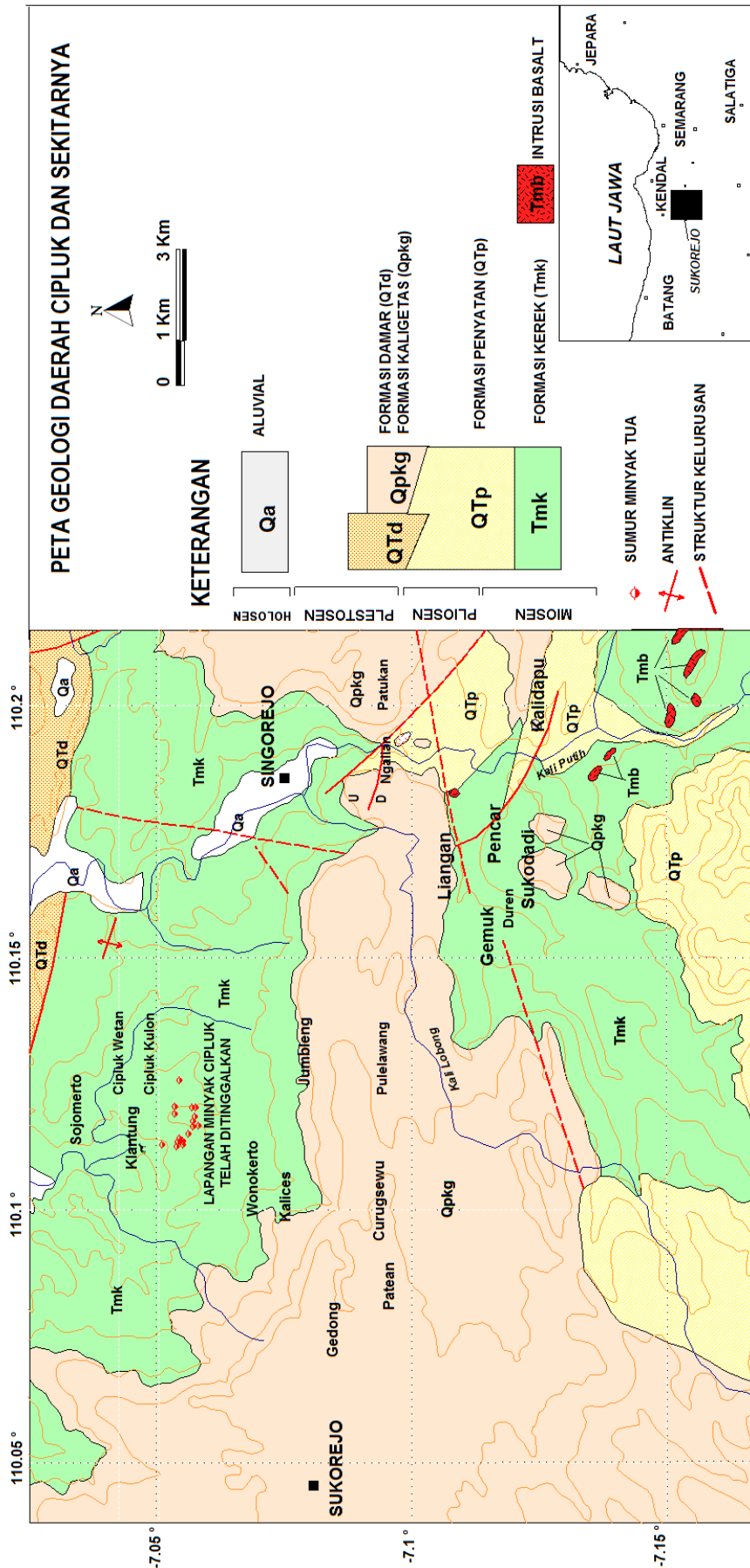
GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Geologi daerah penelitian termasuk dalam Peta Geologi Lembar Magelang-Semarang skala 1 : 100.000 (Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, 1996). Stratigrafi daerah penelitian dari tua ke muda disusun oleh Formasi Kerek, Formasi Penyatan, Formasi Kaligetas, Formasi Damar dan endapan aluvium. Di samping itu ditemukan juga batuan terobosan basal yang berumur Miosen Tengah.

Formasi Kerek terdiri dari perselingan batulempung, napal, batupasir tufaan, konglomerat, breksi vulkanik dan batugamping. Batulempung berwarna kelabu tua yang sebagian bersisipan batulanau atau batupasir, setempat mengandung fosil foram, moluska dan koral-koral koloni, berumur Miosen Tengah.

Formasi Penyatan terdiri dari batupasir, breksi, tuf, batulempung dan aliran-aliran lava. Batupasir tufaan dan breksi vulkanik (aliran dan lahar) tampak dominan. Secara setempat ditemukan aliran lava, batulempung marine dan napal. Formasi ini berumur Miosen Tengah-Pliosen. Bagian atas dari Formasi Penyatan menjemari dengan Formasi Kaligetas dan Formasi Damar.

Formasi Kaligetas disusun oleh breksi vulkanik, aliran lava, tuf, batupasir tufaan dan batulempung. Setempat bagian bawahnya ditemukan batulempung mengandung moluska dan batupasir tufaan. Seumur dengan Formasi Kaligetas adalah Formasi Damar yang disusun oleh batupasir tufaan, konglomerat, dan breksi vulkanik. Umur Formasi Kaligetas dan Formasi Damar adalah Plio-Plistosen. Endapan paling muda pada daerah ini adalah endapan aluvium yang terdiri dari kerikil, kerakal, pasir, lanau dan lempung (Gambar 1).

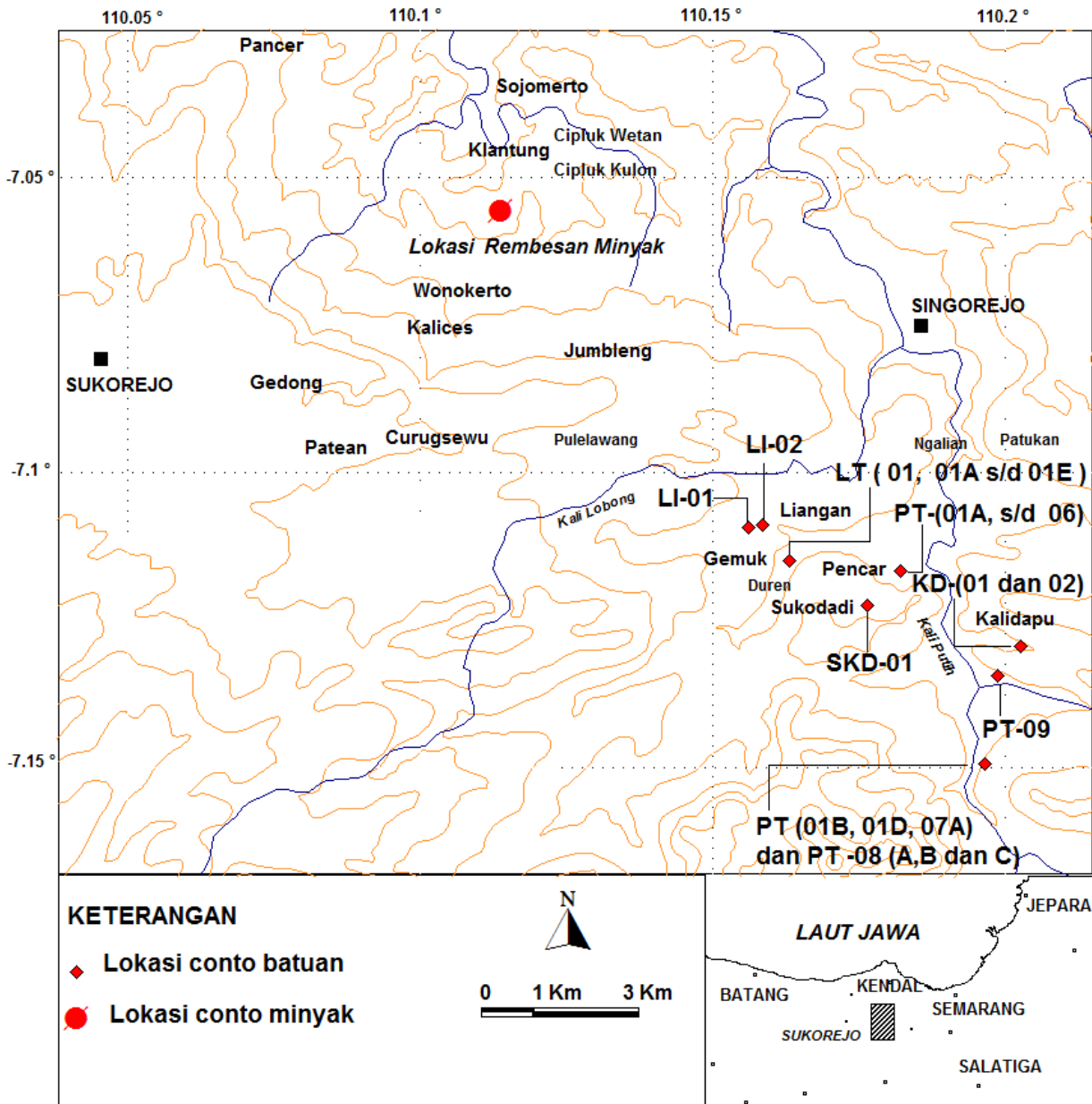


Gambar 1. Peta geologi daerah penelitian (Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, 1996)

ANALISIS GEOKIMIA

Analisis batuan induk untuk mengetahui potensi dan kematangan termal hidrokarbon dilakukan terhadap 12 conto batuan lempung dan batulanau dari Formasi

Kerek dan Formasi Penyatan. Analisis geokimia yang dilakukan meliputi kandungan organik karbon (TOC) sebanyak 12 conto dan *Rock Eval* Pirolysis sebanyak 7 conto yang lokasinya dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil analisis dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.



Gambar 2. Lokasi pengambilan conto batulempung dan rembesan minyak bumi.

Tabel 1. Hasil Analisis TOC

No	No. Conto	Lokasi	Formasi	Litologi	TOC (%)
1	LT 01	Sungai Lutut, Desa Duren	Formasi Kerek	Batulempung	0,87
2	LT 01 D	Sungai Lutut, kampung Liangan	Formasi Kerek	Batulanau	2,08
3	PT 01	Kali Putih	Formasi Kerek	Batulanau	0,41
4	PT 01 D	Kali Putih	Formasi Kerek	Batulanau	0,96
5	PT 04	Kali Putih	Formasi Kerek	Batulempung	0,20
6	PT 07 B	Kali Dengkeng	Formasi Kerek	Batulempung	1,45
7	PT 08 B	Kali Putih	Formasi Kerek	Batulempung	1,41
8	PT 09 C	Kali Putih	Formasi Kerek	Batulempung	0,10
9	LI 01	Liangan	Formasi Kerek	Batulanau	7,97
10	LI 02 B	Liangan	Formasi Kerek	Batulempung	0,72
11	KD 02	Kalidapu	Formasi Penjatan	Batulanau	0,20
12	SKD 01	Sukodadi	Formasi Penjatan	Batulempung	0,06

Tabel 2. Analisis Rock Eval pirolisis

No	Sampel	Litologi	TOC (%)	S1 S2 S3			PY	PI	Tmax (°C)	HI	OI
				Mg/g							
1	LT 01	Batulempung	0,87	0,03	0,75	1,70	0,78	0,04	342	86	195
2	LT 01 D	Batulanau	2,08	0,04	0,66	1,37	0,70	0,06	426	32	66
3	PT 01 D	Batulanau	0,96	0,03	0,71	2,37	0,74	0,04	433	74	246
4	PT 07 B	Batulempung	1,45	0,06	1,77	0,97	1,83	0,02	435	122	67
5	PT 08 B	Batulempung	1,41	0,04	1,65	0,59	1,69	0,02	434	117	42
6	LI 01	Batulanau	7,97	0,15	1,43	8,62	1,58	0,09	398	18	108
7	LI 02 B	Batulempung	0,72	0,06	1,18	0,34	1,24	1,24	432	163	47

Keterangan :

S1 : Free Hydrocarbon , S2 : Pyrolysable Hydrocarbon, S3 : Organic CO₂, Oil Production Index = Transformation Ratio = S1/(S1+S2), Tmax = Temperature of Maximum, OI : Oxigen Index = (S2/TOCx100), HI : Hidrogen Index = (S2/TOCx100), PY : Total Generation Potential

PEMBAHASAN

Potensi batuan induk

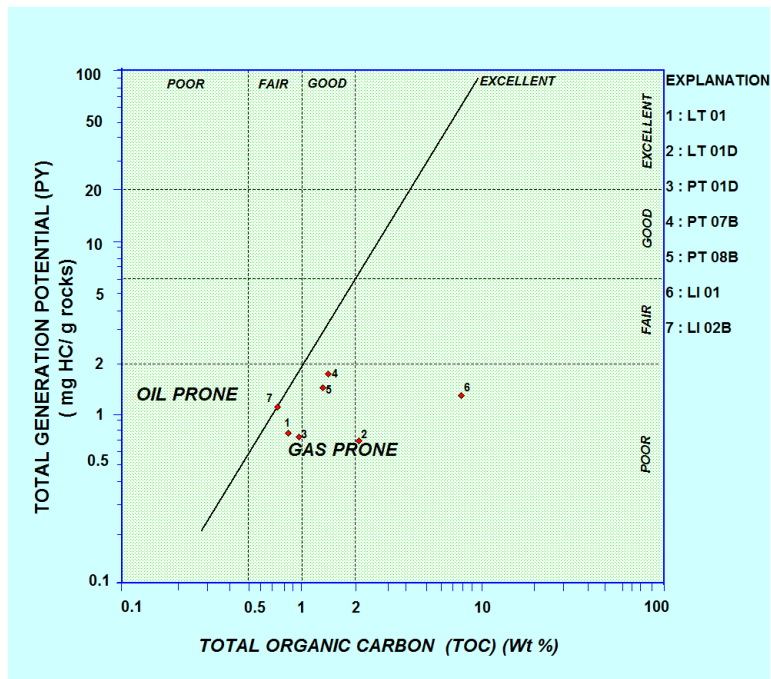
Nilai TOC pada Formasi Kerek berkisar antara 0,72% sampai 7,97%, nilai tersebut menunjukkan bahwa batuan induk berpotensi sedang hingga sangat baik untuk membentuk hidrokarbon, sedangkan pada Formasi Penyatan berkisar antara 0,06% sampai 0,20%, nilai tersebut menunjukkan batuan induk berpotensi rendah untuk membentuk hidrokarbon (Waples, 1985).

Potensi hidrokarbon Formasi Kerek di daerah penelitian dapat dilihat pada

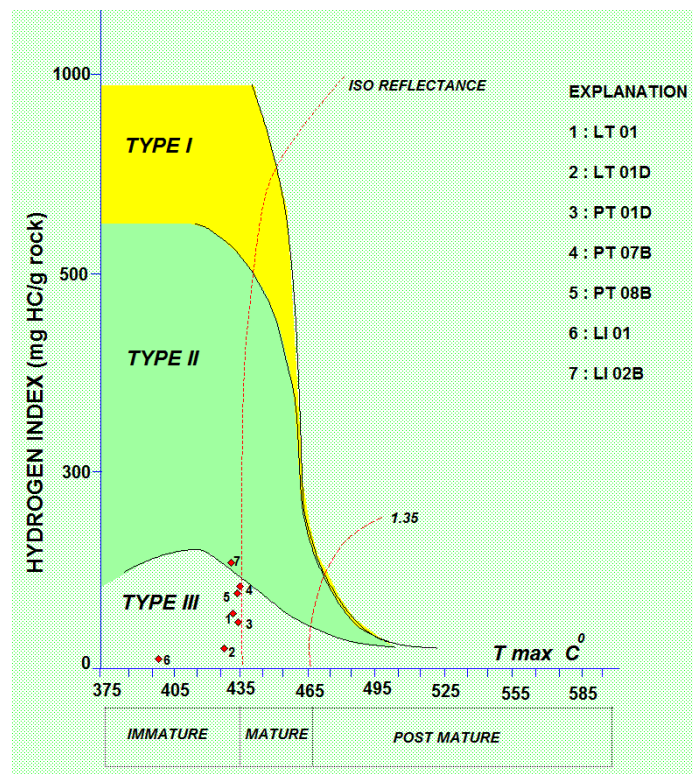
diagram kandungan organik karbon (TOC) versus Total Generation Potential (PY) (Gambar 3). Nilai PY yang berkisar antara 0,70 HC/g rock sampai 1,24 mg HC/g rock termasuk kategori rendah (*poor*). Hasil pengeplotan TOC versus PY pada conto yang dianalisis, sebanyak 6 conto menempati *gas prone* dan 1 conto pada batas antara *oil prone* dan *gas prone* (Rad, 1984). Batuan induk pada Formasi Kerek mempunyai nilai HI sebesar 32 HC/g rock sampai 163 mg HC/g rock, berdasarkan klasifikasi Petter (1986) nilai indek hidrogen tersebut menunjukkan bahwa 6 conto (LT01, LT01D, PT01D, PT 07B, PT08B dan LI0) menghasilkan gas dan 1 conto (LI02B) dapat menghasilkan minyak dan gas.

Kematangan termal Formasi Kerek berdasarkan diagram HI versus Temperatur Maksimum (Gambar 4), menunjukkan kategori belum matang

(immature) sampai matang (mature). Sedangkan tipe kerogen di daerah penelitian termasuk dalam tipe kerogen III.



Gambar 3. Diagram TOC terhadap Total Generation Potential (PY) pada contoh Formasi Kerek (Rad, 1984)



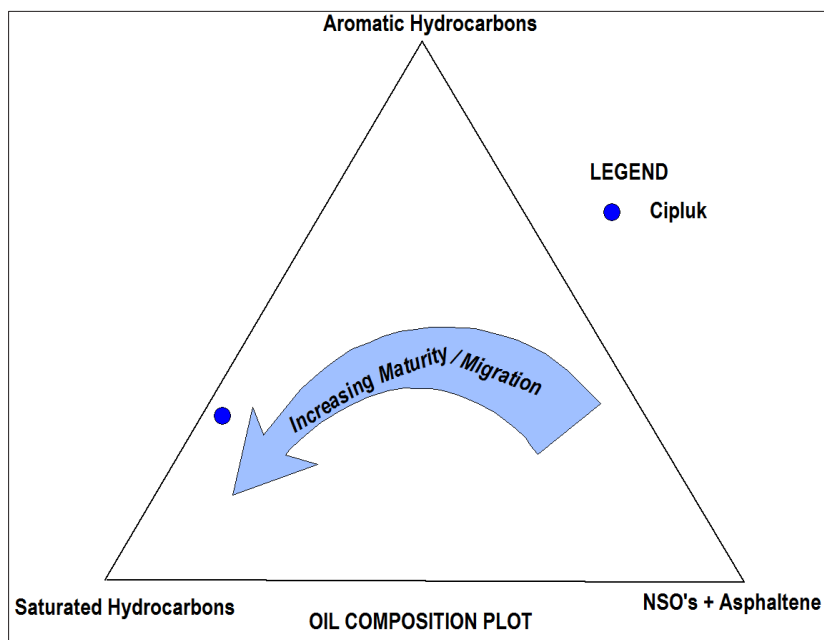
Gambar 4. Diagram Tmax terhadap HI pada contoh Formasi Kerek yang memperlihatkan tipe kerogen dan tingkat kematangan. (Espitalié, J., 1984, op.cit Mukhopadhyay, 1995)

Karakteristik geokimia rembesan minyak Cipluk

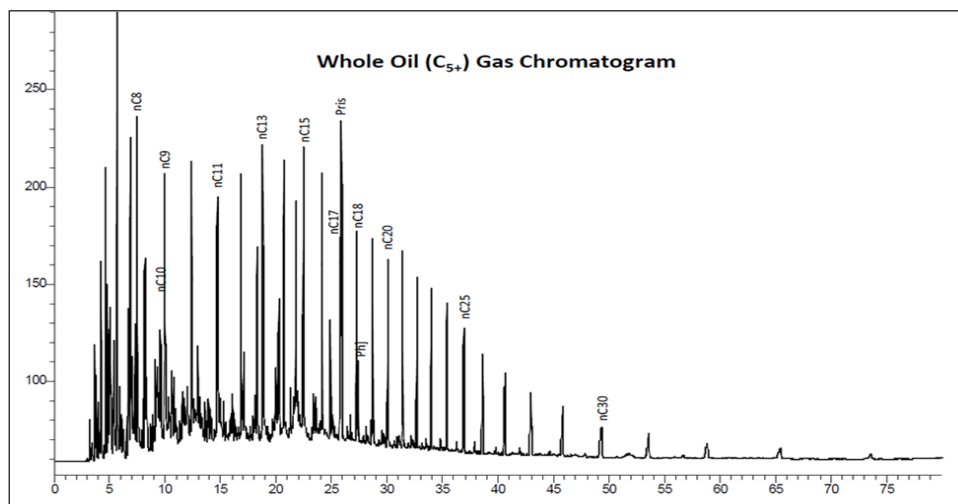
Minyak Cipluk menunjukkan kandungan fraksi saturat jenuh yang sangat dominan yaitu 62,71%, fraksi aromatik 8,23%, fraksi polar (NSO₅) 2,37%, dan *asphaltene* 0,65%. Total tingkat *asphaltene* yang rendah menunjukkan bahwa minyak di daerah ini sudah mengalami biodegradasi tingkat sedang (*midly biodegraded*). Rasio saturasi/aromatik yang relatif tinggi (2,13) mengindikasikan karakter tipe parafinik sedang serta minyak matang (Tissot and Welte, 1984) (Gambar 5).

GC dan GCMS Biomarker

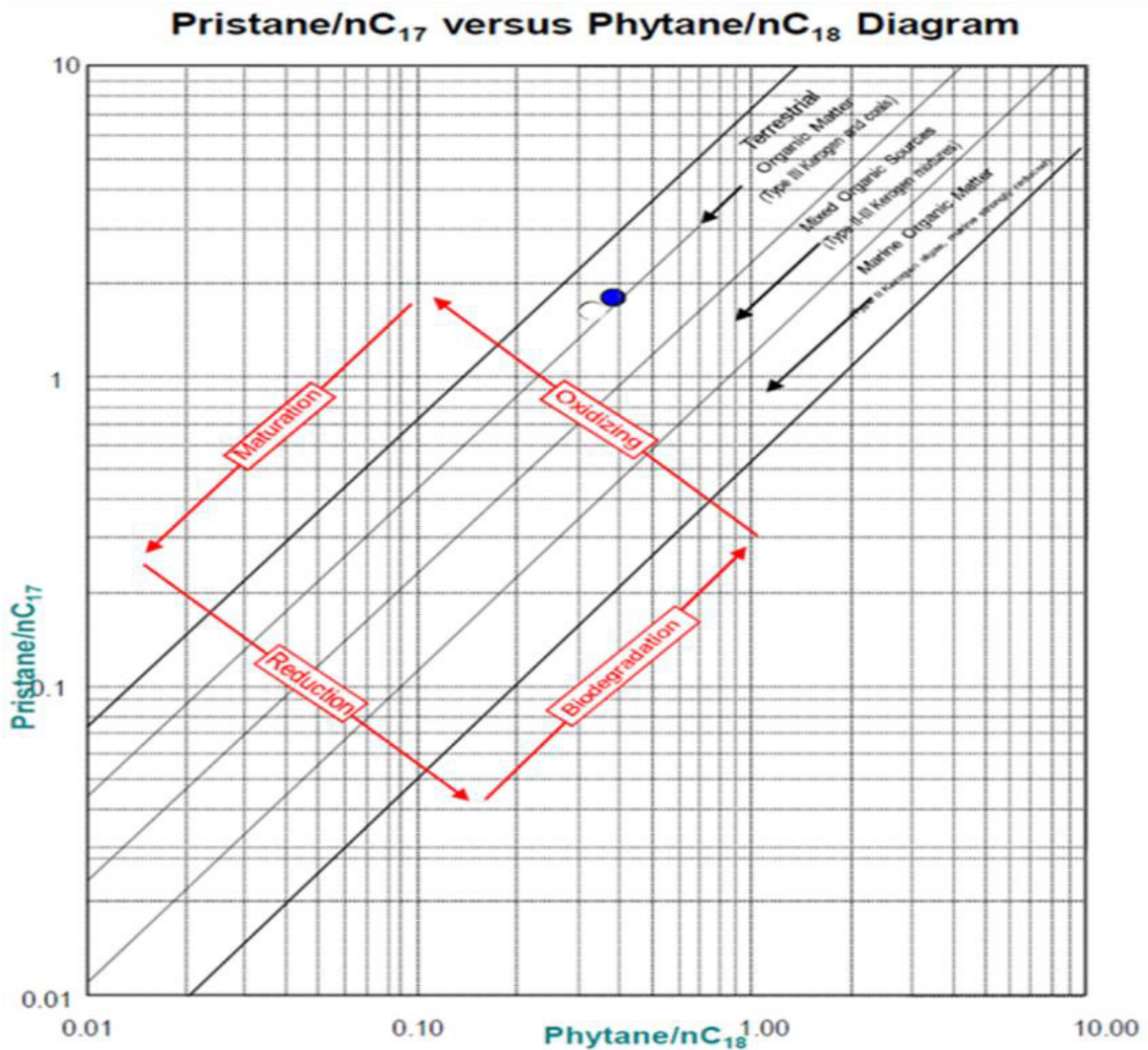
Analisis gas kromatografi dilakukan pada fraksi *whole extract* (C₅₊) pada conto minyak. GC ditunjukkan pada Gambar 6. *Whole oil GC* memberikan karakter kedudukan parafine normal yaitu N C₅ sampai N C₃₀₊. CH₄ *oil* menunjukkan *light oil* dengan batas alkana normal dari C₅ sampai C₂₄. Grafik data gas kromatografi menunjukkan rasio *pristane/phytane* yang tinggi yaitu 4,78 (Gambar 7), diperkirakan berasal dari batuan induk yang diendapkan pada lingkungan suboksik (*midly ocxic*) menunjukkan kerogen tipe III.



Gambar 5. Diagram komposisi fraksi, aromatik dan NSO₅ + *Asphaltene* pada saturat minyak.



Gambar 6. Grafik *Whole oil* (C₅₊) *Gas Chromatogram*

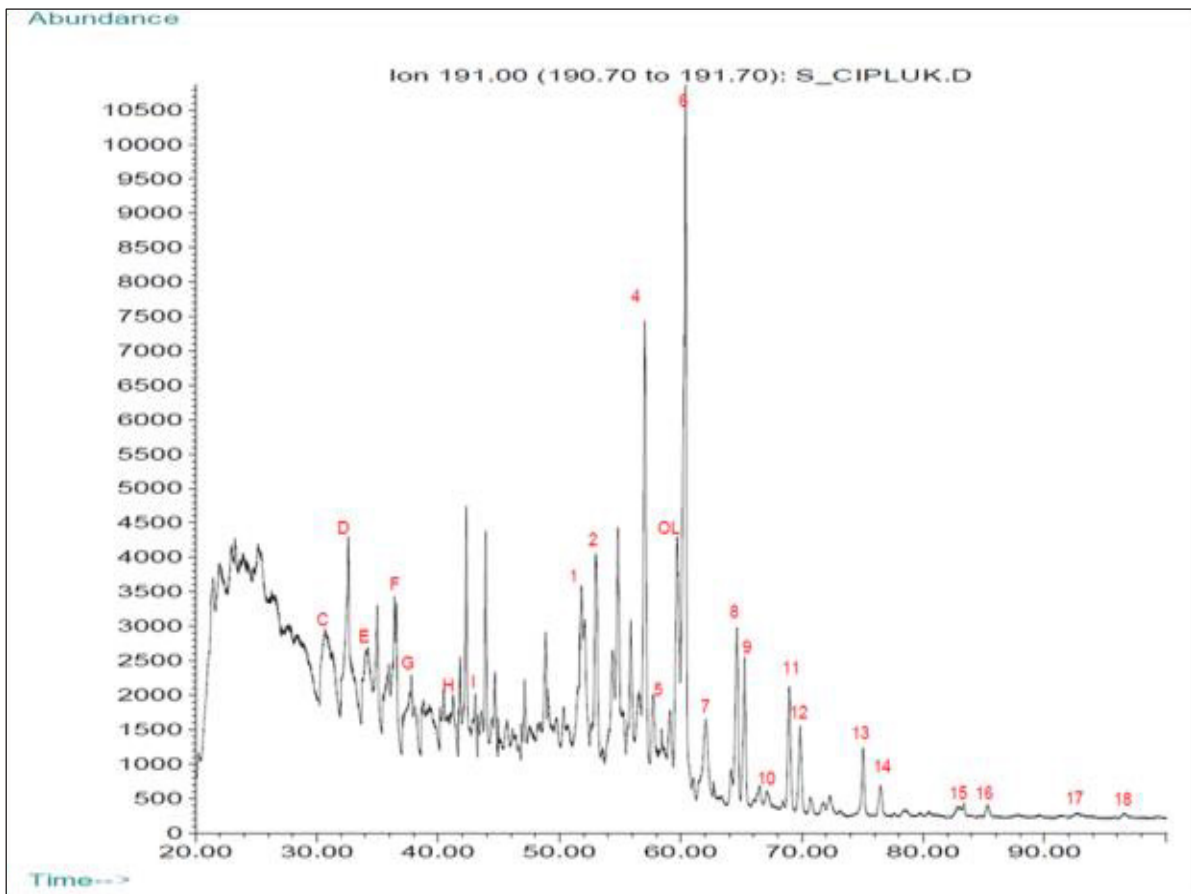


Gambar 7. Diagram pristane/C₁₇ versus phytane/C₁₈ (Connan and Cassou, 1980)

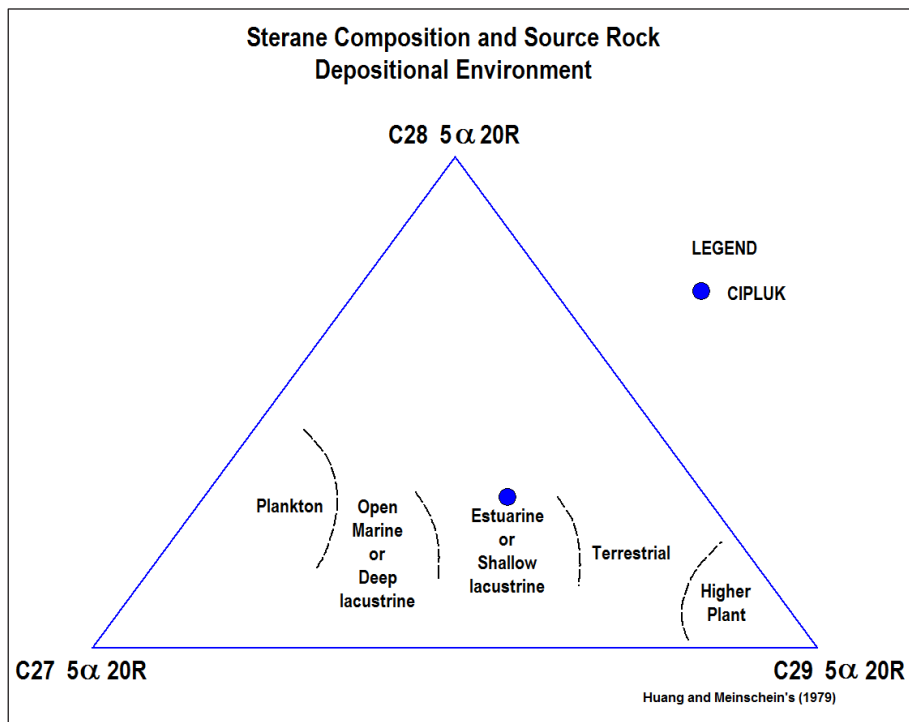
Fragmentogram massa m/z 191 (Gambar 8) menunjukkan distribusi bakteri 17 $\alpha\beta$ (H)-hopane yang relatif sama dengan C 30 hopane sampai C 29 hopane. Hal ini menunjukkan bahwa contoh minyak berasal dari *fluvio deltaic*. Hadirnya senyawa 18 α (H)-oleanana yang relatif tinggi diperkirakan berasal dari tanaman *angiosperm* yang berumur Kapur atau lebih muda (Petter and K.E. Moldowan, 1993).

Sterane (m/z 217)

Distribusi normal sterane memperlihatkan C 27 sterane sebesar 27,90% kurang berlimpah, C 29 sterane mempunyai porsi yang lebih besar yaitu 38,69% hal ini menunjukkan bahwa material dari C 27 organiknya berasal dari darat. Gambar 9 menunjukkan lingkungan pengendapan batuan induk minyak bumi. Dari plot komposisi sterane pada segitiga Huang dan Meinchene, 1979 diperkirakan diendapkan pada lingkungan estuarin atau lakustrin dangkal.



Gambar 8. Fragmentogram massa m/z 191



Gambar 9. Diagram komposisi sterane dan lingkungan pengendapan batuan induk rembesan minyak di daerah penelitian (Huang dan Meinschein's, 1979 dalam Waples and Machihara, 1991).

Kematangan

Methylphene (MPI) dihitung dari distribusi *phenantheren* (m/z 170) dan *methyhenantheres* (m/z) dalam minyak. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa contoh minyak mempunyai nilai MPI yang relatif tinggi yaitu 0,79, hal ini diperkirakan bahwa minyak berada pada tingkat matang. Berdasarkan distribusi biomarker diinterpretasikan bahwa minyak berasal dari fasies batuan induk estuarin atau lakustrin dangkal dengan organik tanaman darat yang tinggi dengan sedikit alga.

Korelasi Batuan Induk dan Minyak

Analisis GC dan GCMS ekstrak batuan induk dari Formasi Kerek belum dilakukan, namun untuk mengkorelasikan batuan induk Formasi Kerek dengan minyak Cipluk digunakan analisis yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu yang dilakukan di daerah Kedungjati, Semarang. Hasil analisis menunjukkan bahwa Formasi Kerek mengandung bahan organik *aquatic* (alga) yang kemungkinan berasal dari lingkungan marin dan mempunyai tingkat kematangan rendah (*thermally immature*) (Hidayat dan Fatimah, 2007).

Hasil analisis GC dan GCMS pada rembesan minyak menunjukkan bahwa minyak berasal dari batuan induk yang diendapkan pada lingkungan estuarin atau lakustrin dangkal dengan bahan organik dari tanaman darat dan batuan induk dikategorikan matang. Berdasarkan data analisis, diperkirakan rembesan minyak di lapangan Cipluk bukan berasal dari batuan induk Formasi Kerek.

KESIMPULAN

Batuan induk Formasi Kerek menunjukkan kategori rendah hingga sangat baik untuk membentuk hidrokarbon, termasuk dalam *gas prone* dan *oil prone*. Diagram Hidrogen indek versus Temperatur Maksimum menunjukkan bahwa kematangan termal

contoh di daerah penelitian termasuk dalam kategori belum matang hingga matang dan termasuk dalam tipe kerogen III.

Dari hasil analisis geokimia minyak bumi menunjukkan batuan induk diendapkan pada lingkungan Estuarin atau lakustrin dangkal yang material organiknya berasal dari tanaman darat yang tinggi dan sedikit alga. Rembesan minyak bumi berasal dari batuan induk yang diendapkan pada lingkungan suboksik, menunjukkan tipe kerogen III dan dapat dikategorikan minyak matang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada tim editor yang telah membantu dalam penyempurnaan makalah dan kepada dewan redaksi atas dimuatnya makalah dalam buletin ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Connan J. and Cassou, A.M., 1980, Properties of gases and petroleum liquids derived from terrestrial kerogen at various maturation levels. *Geochemical Cosmochim. Acta* 44, 1-23.
- Cox, H.C., Leeuw, J.W., Schenk, P.A. *et al.*, 1986. Biscadinane, a C₃₀ pentacyclic isoprenoid hydrocarbon found in crude oil. *Nature*, pp. 316-319.
- Hidayat R. dan Fatimah, 2007, Inventarisasi Kandungan Minyak dalam Batuan Daerah Kedungjati, Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah. *Proceeding Pemaparan Hasil Kegiatan Lapangan dan Non Lapangan Tahun 2007*. Pusat Sumber Daya Geologi. 13 hal.
- Mukhopadhyay, P. K., Wade J.A., Gruge M. A., 1995, Organic facies and maturation of Jurassic/ cretaceous rocks, and possible oil-source rock correlation based on pyrolysis of asphaltenes, Scotian Basin Canada, *Org. Geochem.*, Vol. 22, No.1, pp. 85- 104.

- Peters, K.E., 1986, Guidelines for evaluating petroleum source rock using programmed pyrolysis. American Association of Petroleum Geology, Bulletin, 70, p.1-36.
- Peters, K.E. and Moldowan, J.M., 1993, The Biomarker Guide. Interpreting Molecular Fossils in Petroleum and Ancient Sediments, Prentice Hall, New Jersey, 363pp.
- Satyana, A.H., Armandita C., 2004. Deepwater Plays of Java, Indonesia: Regional Evaluation on Opportunities and Risks. Proc. Deepwater And Frontier Exploration In Asia & Australasia Symposium, Indonesian Petroleum Association.
- Thanden R.E., Sumadirdja H., Richards P.W., Sutisna K., dan Amin T.C., 1996, Peta Geologi Lembar Magelang dan Semarang. Skala 1:100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Tissot, B.P. and D.H.Welte, 1984, Petroleum formation and occurrence, Springer Verlag, Berlin, 699 pp.
- Waples D.W. (1985), Geochemistry in Petroleum Exploration, International Human Resources Developmen Co., Boston.
- Waples, D.W. and Machihara, 1991. Biomarker for Geologist-A Practical Guide to the Application of Steranes and Triterpanes in Petroleum Geology. American Association of Petroleum Geologists. Methods in Exploration Series, 9, 91pp.

Diterima	: 1 Juni 2016
Direvisi	: 19 Juli 2016
Disetujui	: 16 Agustus 2016

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini Dewan Redaksi mengucapkan terima kasih dan memberikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para editor dan mitra bestari atas kerja kritis dalam menelaah makalah-makalah edisi ini. Secara khusus, kami ucapkan terima kasih kepada para editor dan mitra bestari yang bertanggung jawab terhadap materi bidang mineral dan energi fosil yang merupakan tema pada edisi ini.

BULETIN SUMBER DAYA GEOLOGI

Volume 11 Nomor 2, 2016

ISSN 1907 - 5367

INDEKS PENULIS

Bambang Pardiarto
Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan
Panas Bumi
Jalan Soekarno Hatta No. 444, Bandung
Email: b.pardiarto@yahoo.com

Robet Lumban Tobing
Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan
Panas Bumi
Jalan Soekarno Hatta No. 444, Bandung
Email: dim@yahoo.co.id

Euis Tintin Yuningsih
Fakultas Teknik Geologi
Universitas Padjadjaran, Jatinangor,
Sumedang
Email: etintiny@yahoo.com

Chusni Ansori
Balai Informasi dan Konservasi Kebumian
Karangsambung-LIPI,
Jl. Karangsambung Km-19, Kebumen
Email: chus001@lipi.go.id

Gurharyanto
Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI,
Komplek LIPI, Jl. Sangkuriang 154-D,
Bandung

Praptisih
Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI,
Jl. Sangkuriang Komplek LIPI
Gedung 70, Bandung
Email: praptie3103@yahoo.com

BULETIN SUMBER DAYA GEOLOGI

Volume 11 Nomor 2, 2016

ISSN 1907 - 5367

INDEKS KATA KUNCI

- Parit Tebu 73, 74, 77, 78, 91
 Cebakan Timah 73-75, 88, 90
 Kasiterit 75, 76, 80, 81, 83, 88-91
 Realgar 73, 81, 88, 89, 91
 Molibdenit 73, 81, 82, 88, 89, 91
 Kematangan Thermal 93, 97, 98, 133
 Material Organik 93, 94, 96, 97, 133, 142
 Pirolisis 93, 94, 96, 97, 99, 133, 134, 136, 137
Fischer Assay 93, 94, 96, 97, 99
Black Ore 103, 104, 106-108, 113
 Fizelit 104
 Sphalerit 73, 103, 105-107, 109, 110, 112-115
 Sulfur Fugacity 103, 113-115
 Vuggy Black-Yellow Ore 103, 104, 106-108
 Banjarnegara 117, 118, 120-122, 125, 128, 130
 Felspar 79, 80, 84, 94, 117, 118, 120-130
 Bata Ringan 117-119, 124, 125, 128-130
 Benda Uji 117, 120, 124-130
 Rembesan Minyak 133, 134, 136, 139, 141, 142
 Formasi Kerek 133, 134, 137-139, 142
 Formasi Penyatan 133, 134, 137
 Karakteristik Batuan Induk 133, 134

BULETIN SUMBER DAYA GEOLOGI

Terbit : Agustus 2016

ISSN 1907 - 5367

DDC:

Bambang Pardiarto
(Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi)

KARAKTERISTIK CEBAKAN TIMAH PRIMER DI DAERAH PARIT TEBU, KABUPATEN BELITUNG TIMUR, PROVINSI KEPULAUAN BANGKA BELITUNG

Buletin Sumber Daya Geologi

BSDG Agustus 2016 Vol. 11 No. 2 Hal. 73 - 91

Endapan timah sekunder banyak tersebar dan ditambang di wilayah Kabupaten Belitung Timur namun belum jelas dari mana sumber potensial cebakan timah primernya. Survei geofisika dengan metoda polarisasi terimbas (IP) dan magnetik di daerah tersebut menghasilkan beberapa anomali mengindikasikan adanya terobosan batuan granit yang diduga sebagai sumber cebakan timah. Hasil penelitian terbaru dengan metoda pengeboran inti dan analisis laboratorium yang meliputi *Atomic Absorption Spectrometry (AAS)*, *X-Ray Fluorescence (XRF)*, petrografi dan mineragrafi menunjukkan mineralisasi timah primer mempunyai bentuk cebakan berupa urat-urat halus dan sebagian tersebar dalam masa batuan. Mineralisasi terjebak dalam batupasir kuarsa arenit dan metabatulempung akibat diterobos oleh granit aplitik. Mineralisasi timah dicirikan oleh hadirnya kasiterit yang berasosiasi dengan realgar, molibdenit dan beberapa mineral sulfida seperti pirit, sfalerit, galena dan arsenopirit dalam mineral *gangue* kuarsa. Genesa cebakan diklasifikasikan sebagai tipe urat hidrotermal dengan kandungan kaya timah terkonsentrasi pada zona urat kuarsa yang terbreksikan.

Kata kunci: parit tebu, cebakan timah, kasiterit, realgar, molibdenit

DDC:

Robet Lumban Tobing
(Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi)

KEMATANGAN TERMAL DAN ESTIMASI KANDUNGAN MINYAK ENDAPAN SERPIH FORMASI SINAMAR DI DAERAH DUSUN PANJANG, PROVINSI JAMBI

Buletin Sumber Daya Geologi

BSDG Agustus 2016 Vol. 11 No. 2 Hal. 93 - 101

Formasi Sinamar diperkirakan berumur Oligosen berada pada Cekungan Busur Belakang. Dari hasil pemetaan geologi di lapangan ditemukan 14 lokasi singkapan serpih dengan ketebalan berkisar 10 hingga >25 meter. Secara megaskopis, conto serpih berwarna abu-abu kecoklatan hingga abu-abu kehitaman, struktur laminasi, menyerpih, keras-getas, setempat-setempat terdapat sisipan batupasir berbutir halus berwarna abu-abu kecoklatan. Berdasarkan data hasil analisis pirolisis dan maseral yang dilakukan pada 14 conto serpih mengindikasikan bahwa serpih tersebut mengandung material organik berkisar 0,14% hingga 16,95%, didominasi oleh kerogen Tipe I dan Tipe II yang memiliki kecenderungan untuk menghasilkan minyak. Secara mikroskopis, material-material organik tersebut terdiri dari maseral liptinit dan vitrinit berkisar <0,1 hingga

9,99% dan maseral inertinit berkisar <0,1 hingga 0,49%. Tingkat kematangan material organik dikategorikan belum matang (*immature*) hingga lewat matang (*over mature*). Berdasarkan data hasil analisis *fischer assay* yang dilakukan terhadap conto serpih diperoleh kandungan minyak dengan kisaran 5 hingga 90 liter minyak/ton serpih. Dari hasil penghitungan yang dilakukan diperkirakan volume serpih di daerah penelitian sebesar 317.081.582 ton serpih dengan volume minyak sebesar 69.535.298 barel.

Kata kunci: Kematangan termal, material organik, pirolisis, *fischer assay*

DDC:

Euis Tintin Yuningsih
(Faculty of Geology, Padjadjaran University, Bandung-Indonesia)

ORE MINERALS FROM KUROKO TYPE DEPOSIT OF TOYA-TAKARADA MINE, HOKKAIDO, JAPAN

Buletin Sumber Daya Geologi

BSDG Agustus 2016 Vol. 11 No. 2 Hal. 103 - 115

Toya-Takarada mine is Au- and Ag-rich Kuroko-type deposit located in Takarada, Toya-mura, southwest Hokkaido, Japan. The deposits were hosted in rhyolitic tuff and mudstone of Middle Miocene age. Ore samples of fine-grained black ore, vuggy black-yellow ore, granular vuggy black ore, quartz-sulfide ore and massive quartz-barite ore were studied to identify the ore minerals association in the Toya-Takarada mine. The ore minerals are dominated by sphalerite, galena, chalcopyrite and pyrite with fewer amounts of electrum, tetrahedrite-tennantite, and other sulfosalt minerals with secondary mineral of covellite.

The quantitative chemical analysis of ore minerals by EPMA indicated that FeS contents in sphalerite is low (0.3-1.2 mol.%) in all kinds of ore samples. Small grains of electrum as inclusions in pyrite are identified in vuggy black-yellow ore with Ag content around 32-33 atm %.

In general, the silver minerals in Kuroko-type deposits occurred mainly in the black and yellow ores zone dominantly composed of sphalerite, galena, pyrite, chalcopyrite and barite as a form of electrum and/or argentic tetrahedrite-tennantite series. Thus, the massive quartz-barite ore sample of Toya-Takarada mine are also contain some rare silver sulfosalt minerals such as proustite, Cu-rich pearceite, geocronite-jordanite and fizelyite. Those minerals were found together in association with sphalerite. It seems that sphalerite was crystallized first followed by proustite and Cu-rich pearceite, then geocronite-jordanite and fizelyite are crystallized later.

Sphalerites from quartz-sulfide ore of Toya-Takarada contain some fluid inclusions and measured homogenization temperatures are in the range of 164-247°C (av. 208°C) with salinity ranging from 1.9 to 4.7 wt.% NaCl_{equiv.} (av. 3.9 wt.% NaCl_{equiv.}). The mineral assemblage, iron content in sphalerite and silver content in electrum were indicated that sulfur fugacity was slightly higher during ore mineralization in Toya-Takarada mine.

Keywords: black ore, fizelyite, geocronite-jordanite, sphalerite, sulfur fugacity, vuggy black-yellow ore

DDC:

Chusni Ansori ¹⁾, Gurharyanto ²⁾
⁽¹⁾ Balai Informasi dan Konservasi Kebumian Karangsambung-LIPI. ²⁾ Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI, Komplek LIPI Bandung)

PEMANFAATAN FELSPAR DESA PETIR, KECAMATAN BAWANG DAN DESA WANADRI, KECAMATAN PURWANEGARA, KABUPATEN BANJARNEGARA UNTUK PEMBUATAN BATA RINGAN

Buletin Sumber Daya Geologi

BSDG Agustus 2016 Vol. 11 No. 2 Hal. 117 - 131

Kabupaten Banjarnegara mempunyai potensi felspar yang berasal dari batuan genes felspar dan sekis felspar dengan kandungan Fe₂O₃ dan CaO tinggi yang saat ini dimanfaatkan sebagai bahan baku industri keramik. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemungkinan pemanfaatan felspar menjadi bahan baku bata ringan.

Penelitian ini mencakup penelitian lapangan, karakterisasi dan preparasi bahan baku, formulasi bahan, pembuatan purwarupa, analisis sifat fisik dan XRD purwarupa. Contoh felspar diambil dari Desa Petir Kecamatan Bawang dan Desa Wanadri Kecamatan Purwanegara. Preparasi dilakukan pada ukuran fraksi kasar (60 s.d 80) mesh dan fraksi halus (100 s.d 150) mesh. Purwarupa dibuat dari campuran felspar, abu sekam padi, semen, *alumina powder*, *foam agent* (FA), *water glass* dan NaOH dengan berbagai formula. Karakteristik bata ringan yang diharapkan mempunyai densitas 0,8 gr/cm³ s.d 1,0 gr/cm³ dan kuat tekan sebesar 30 kg/cm² s.d 60 kg/cm².

Purwarupa dibuat sebanyak 44 buah menggunakan pencampuran masa tuang dengan gelembung udara secara fisik atau *Cellular Lightweight Concrete* (CLC), pencampuran secara kimia atau *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC) tanpa *auto clave* dan metode polimer dengan pengeringan pada suhu kamar. Purwarupa yang dibuat dengan metode CLC, menghasilkan densitas terendah 1,0 gr/cm³ sedangkan kuat tekan maksimal 25,9 kg/cm². Purwarupa yang dibuat menggunakan metode polimer, densitas terendah 1,5 gr/cm³ dengan kuat tekan tertinggi 83 kg/cm².

Bata ringan metode CLC lebih cocok dikembangkan di Banjarnegara karena merupakan teknologi yang sederhana. Komposisi ideal bata ringan metode CLC adalah semen dan air dengan perbandingan 3 banding 2, untuk pembentukan pori dapat menggunakan FA di atas 25

gram, perbandingan felspar dengan *silica amorf* (sekam padi) dengan perbandingan 10 banding 1. Tingginya kandungan Al₂O₃ serta tidak terbentuknya *tubermorite* berpengaruh terhadap tingginya densitas dan rendahnya kuat tekan. Peningkatkan kuat tekan dapat dilakukan dengan menambah bahan tambahan (*additive*) berupa *black alumina*, sedangkan untuk menurunkan densitas dapat dilakukan dengan menambah silika amorf dari limbah geothermal maupun organik.

Kata kunci: Banjarnegara, felspar, bata ringan, purwarupa

DDC:

Praptisih
 (Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, Bandung)

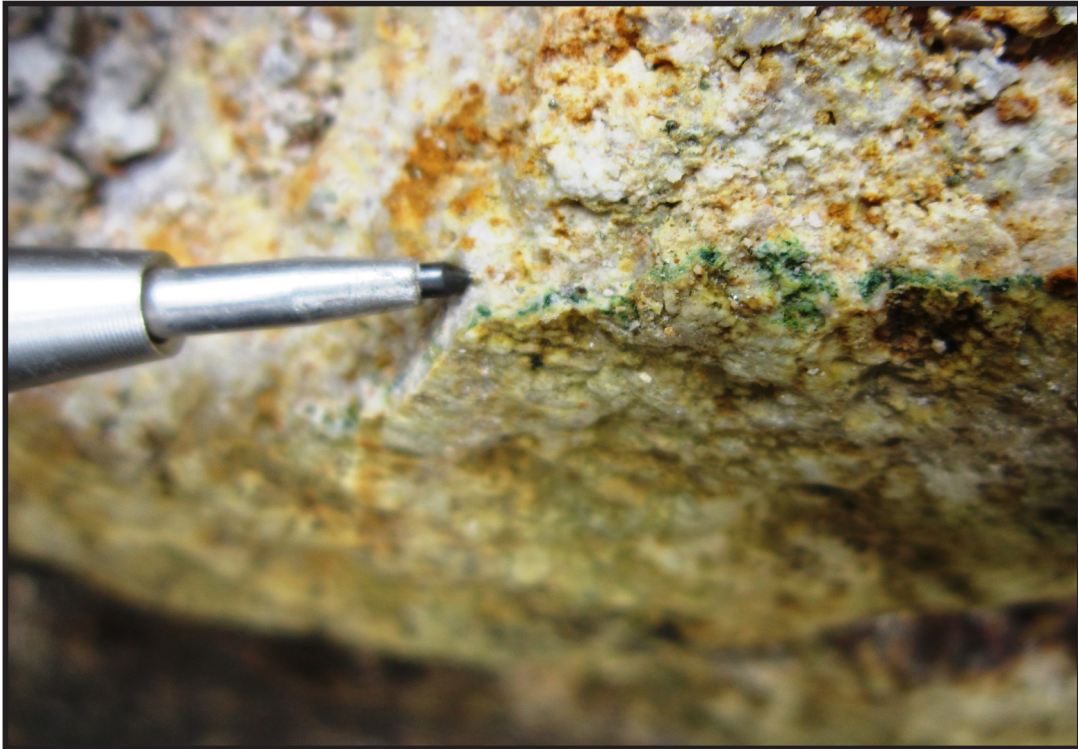
KARAKTERISTIK BATUAN INDUK HIDROKARBON DAN HUBUNGANNYA DENGAN REMBESAN MINYAK DI LAPANGAN MINYAK CIPLUK, KABUPATEN KENDAL, PROVINSI JAWA TENGAH

Buletin Sumber Daya Geologi

BSDG Agustus 2016 Vol. 11 No. 2 Hal. 133 - 143

Lapangan minyak Cipluk di Cekungan Serayu Utara merupakan lapangan minyak tua jaman Belanda yang telah ditinggalkan, dan belum pernah dilakukan analisis geokimia minyak atau batuan yang diduga sebagai batuan sumber. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik batuan induk dari Formasi Kerek dan Formasi Penyetan dan hubungannya dengan rembesan minyak bumi di Sojomerto. Metodologi yang dilakukan adalah penelitian lapangan dan analisis laboratorium. Dari analisis batuan induk diperoleh nilai TOC yang berkisar dari 0,72% sampai 7,97%, yang menunjukkan kategori sedang hingga sangat baik untuk mampu membentuk hidrokarbon. Berdasarkan pirolisis *rock eval* tingkat kematangan *thermal* dari conto berada dalam kisaran belum matang hingga matang, sedangkan tipe kerogennya termasuk ke dalam tipe III. Hasil analisis geokimia conto minyak menunjukkan minyak yang telah mencapai tingkat matang, batuan induk minyak diendapkan pada lingkungan estuarin atau lakustrin dangkal dengan material organik yang berasal dari tumbuhan daratan. Rembesan minyak di Sojomerto tidak mempunyai korelasi geokimia dengan conto batuan induk dari Formasi Kerek atau Formasi Penyetan.

Kata kunci: Formasi Kerek, Formasi Penyetan, karakteristik batuan induk, rembesan minyak



Mineral malakit pada batuan vulkanik teralterasi argilik lanjut di Sungai Erelembang, Desa Erelembang, Kecamatan Tombolopao, Kabupaten Gowa



Pengeboran landaian suhu di Kecamatan Telomoyo, Kabupaten Semarang



Pengukuran suhu sampel air panas di daerah Panas Bumi Toro dan sekitarnya, Kabupaten Sigi, Provinsi Sulawesi Tengah



Pengambilan data *Audio Magneto Telluric* (AMT) di daerah Panas Bumi Toro dan sekitarnya, Kabupaten Sigi, Provinsi Sulawesi Tengah



Singkapan Lempung di Desa Mangkung, Kecamatan Praya Barat, sebagai bahan baku industri keramik pada Sentra Penakak, Kabupaten Lombok Tengah



Perselingan lempung dan batubara di daerah Sungai Akar, Kecamatan Batang Gansal, Kabupaten Indragiri Hulu, Provinsi Riau

PEDOMAN PENULISAN
Makalah/karya tulis ilmiah
BULETIN SUMBER DAYA GEOLOGI

ISI DAN KRITERIA UMUM

Naskah makalah/karya tulis ilmiah untuk publikasi di Buletin Sumber Daya Geologi dapat berupa artikel hasil penelitian, ulas balik (*review*) dan ulasan/tinjauan (*feature*) tentang geologi baik sains maupun terapan terutama berkaitan dengan tugas pokok dan fungsi Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi. Naskah yang diajukan belum pernah dipublikasikan atau tidak sedang diajukan pada publikasi lain.

Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris sesuai kaidah masing-masing bahasa yang digunakan. Judul naskah ditulis dengan huruf besar (*capital*) di tengah atas halaman dan di cetak tebal (*bold*). Naskah harus selalu dilengkapi dengan Sari dalam bahasa Indonesia dan *Abstract* dalam bahasa Inggris. Kata-kata bahasa asing yang tidak dapat dialih bahasa/disadur dicantumkan dalam bentuk asli dan ditulis dengan huruf miring (*italic font*).

FORMAT

UMUM

Seluruh bagian dari naskah termasuk Sari, *Abstract*, judul tabel dan gambar, catatan kaki tabel, keterangan gambar dan daftar acuan diketik satu spasi dalam bentuk *electronic file* dan dicetak pada kertas HVS A4; menggunakan huruf Arial berukuran 11 *point*. Setiap lembar tulisan dalam naskah diberi nomor halaman dengan jumlah maksimum 15 halaman termasuk tabel dan gambar. Susunan naskah dibuat sebagai berikut:

NO	POKOK BAHASAN	POKOK PIKIRAN
I	Judul (<i>Title</i>)	Pada halaman judul makalah/karya tulis dicantumkan nama setiap penulis dengan jumlah penulis maksimum 5 orang, nama dan alamat institusi bagi masing-masing penulis; disarankan dibuat catatan kaki yang berisi nomor telepon, faxsimile serta email.
II	Abstrak dan <i>Abstract</i>	Berisi ringkasan pokok bahasan lengkap dari keseluruhan isi naskah seperti latar belakang (yaitu berupa alasan ilmiah ataupun alasan keperluan penting mengapa tulisan ini dipublikasikan), obyek yang diteliti, permasalahan riset, tujuan riset, kegunaan hasil riset, metode yang digunakan dalam mencapai solusi riset tanpa harus memberikan keterangan terlalu rinci dari setiap bab, dengan jumlah maksimum 250 kata. Abstrak dicantumkan terlebih dahulu apabila naskah berbahasa Indonesia, sementara <i>Abstract</i> tercantum di bawah Abstrak; dan berlaku sebaliknya apabila naskah ditulis dalam bahasa Inggris. Disarankan disertai kata kunci/ <i>keyword</i> yang ditulis di bawah Abstrak/ <i>Abstract</i> , terdiri dari 4 hingga 6 kata. <i>Abstract</i> atau abstrak yang ditulis di bawah abstrak atau <i>abstract</i> menggunakan <i>italic font</i> .

PEDOMAN PENULIS

III	Pendahuluan (<i>Introduction</i>)	Bab ini dapat berisi latar belakang (alasan ilmiah dan maksud penelitian fenomena aktual bermasalah sebagai tema sentral penelitian), masalah aktual yang perlu solusi, pengantar tentang profil wilayah/lokasi kajian/riset, tujuan penelitian, spesifik, metode riset, hipotesis (kalau ada) dengan gaya bahasa lebih populer dengan bab dan sub-bab tidak perlu menggunakan nomor. Bab berisi pernyataan yang mencukupi sehingga pembaca dapat memahami dan mengevaluasi hasil penyelidikan/penelitian yang berkaitan dengan topik makalah/karya tulis.
IV	Metode (<i>Method</i>)	Metode yang digunakan harus spesifik dan jelas, mencakup uji-uji hipotesis atau model-model uji statistik, dapat menghimpun data primer/ <i>sampling</i> , cara pengukuran dan komputasi.
V	Hasil dan Analisis (<i>Results and Analysis</i>).	Berisi hasil-hasil penyelidikan/penelitian yang disajikan dengan tulisan, tabel, grafik, gambar maupun foto diberi nomor secara berurutan. Hindarkan penggunaan grafik secara berlebihan apabila dapat disajikan dengan tulisan secara singkat. Pencantuman foto atau gambar tidak berlebihan dan hanya mewakili hasil penemuan. Semua tabel, grafik gambar dan foto yang disajikan harus diacu dalam tulisan dengan keterangan yang jelas dan dapat dibaca. <i>Font</i> huruf/angka untuk keterangan tabel, gambar dan foto berukuran minimum 6 <i>point</i> .
VI	Pembahasan atau Diskusi (<i>Discussion</i>).	Berisi tentang interpretasi dan bahasan singkat mengenai penjabaran hasil verifikasi/validasi yang ditekankan kepada kejelasan penelitian, keterlibatan aneka variabel dan peristiwa atau produk dari penelitian tersebut.
VII	Kesimpulan dan Saran (<i>Conclusions and Recommendation</i>)	Berisi kesimpulan dan saran dari hasil uji hipotesis tentang penelitian, dan berisi segitiga konsistensi (masalah, tujuan dan kesimpulan).
VIII	Ucapan Terima Kasih (<i>Acknowledgements</i>)	Dapat digunakan untuk menyebutkan sumber dana penyelidikan/penelitian dan untuk pernyataan penghargaan kepada institusi atau orang yang membantu dalam pelaksanaan penyelidikan/penelitian dan penulisan makalah/karya tulis.
IX	Acuan (<i>References</i>)	Acuan ditulis dengan menggunakan sistem nama tahun, nama penulis/pengarang yang tercantum didahului oleh nama akhir (<i>surname</i>), disusun menurut abjad dan judul makalah/karya tulis ditulis dengan huruf miring (<i>italic font</i>)

Beberapa contoh penulisan sumber acuan:

Jurnal

Harvey, R.D. dan Dillon, J.W., 1985. *Maceral distribution in Illinois coals and their palaeoenvironmental implication*. International Journal of Coal Geology, 5, h.141-165.

Buku

Petters, W.C., 1987. *Exploration and Mining Geology*. John Willey & Sons, New York, 685 h.

Bab dalam Buku

Chen, C.H., 1970. *Geology and geothermal power potential of the Tatun volcanic region*. Di dalam : Barnes, H.L. (ed.), 1979. *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*, 2nd edition, John Wiley and Sons, New York, h.632-683.

Prosiding

Suwarna, N. dan Suminto, 1999. *Sedimentology and Hydrocarbon Potential of the Permian Mengkarang Formation, Southern Sumatera*. Proceedings Southeast Asian Coal Geology, Bandung.

Skripsi/Tesis/Disertasi

DAM, M.A.C., 1994. *The Late Quarternary evolution of The Bandung Basin, West Java, Indonesia*. Ph.D Thesis at Dept. of Quarternary Geology Faculty of Earth Science Vrije Universitet Amsterdam, h.1-12.

Informasi dari Internet

Cantrell, C., 2006. *Sri Lanka's tsunami drive blossom : Local man's effort keeps on giving*. [Http://www.boston.com/news/local/articles/2006/01/26/sri_lankas_tsunami_Drive_blossoms/](http://www.boston.com/news/local/articles/2006/01/26/sri_lankas_tsunami_Drive_blossoms/)[26 Jan 2006].

Wewenang Redaksi

- Redaksi berwenang penuh melakukan penyuntingan atas naskah yang akan dipublikasikan tanpa mengubah substansi isi naskah.
- Redaksi mempunyai hak dan wewenang penuh untuk menolak naskah dengan isi dan format yang tidak sesuai dengan pedoman penulisan Buletin Sumber Daya Geologi dan tidak berkewajiban untuk mengembalikan naskah tersebut.

Pengiriman Naskah

Penulis dimohon untuk mengirimkan 1 eksemplar naskah asli baik *hardcopy* maupun *softcopy* kepada:

Sekretariat Buletin Sumber Daya Geologi
Bagian Tata Usaha, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi
Jalan Soekarno Hatta No. 444 Bandung, 40254
Telepon. (022) 520 2698, 522 6270
Fax. (022) 522 6270, 522 6263
Email: buletinpsdg@gmail.com



LEMBAGA
ILMU PENGETAHUAN
INDONESIA

**P2
MI**

Panitia
Penilai
Majalah
Ilmiah



SERTIFIKAT

Nomor: 617/AU2/P2MI-LIPI/03/2015

Akreditasi Majalah Ilmiah

Kutipan Keputusan Kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Nomor 335/E/2015 Tanggal 15 April 2015

Nama Majalah : Buletin Sumber Daya Geologi
ISSN : 1907-5367
Redaksi : Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi, Kementerian ESDM,
Jl. Soekarno-Hatta No. 444 Bandung 40254

Ditetapkan sebagai Majalah Ilmiah

TERAKREDITASI

Akreditasi sebagaimana tersebut di atas berlaku selama 3 (tiga) tahun

Cibinong, 15 April 2015
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Ketua Panitia Penilai Majalah Ilmiah-LIPI

Prof. Dr. Rochadi,
NIP 195007281978031001

Alamat Redaksi

Buletin Sumber Daya Geologi
Bagian Tata Usaha, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi
Jalan Soekarno Hatta No. 444 Bandung 40254
Tel. (022) 522 6270, 520 2698, Fax: (022) 522 6263,
Website : <http://psdg.geologi.esdm.go.id/>
Email: buletinpsdg@gmail.com

