

buletin **SUMBER DAYA GEOLOGI**

Volume 2 Nomor 2 - 2007



Geokimia Sebaran Unsur Logam Pada Endapan Lumpur Sidoarjo ●

**Geologi Dan Ubahan Hidrotermal Sumur Dangkal Sww-2
Lapangan Panas Bumi Suwawa, Bonebolango - Gorontalo ●**

**Tinjauan Tentang Cebakan Emas Aluvial Di Indonesia ●
Dan Potensi Pengembangan**



PENGANTAR REDAKSI

Para pembaca yang budiman

Puji syukur ke hadirat Allah swt. bahwa Buletin Sumber Daya Geologi Volume 2 Nomor 2 telah dapat diterbitkan. Dengan tersedianya anggaran setiap tahunnya diharapkan buletin ini akan terbit secara berkelanjutan dan dapat ditingkatkan mutunya. Di masa datang Buletin Sumber Daya Geologi diharapkan menjadi salah satu wadah publikasi yang dapat menampung karya-karya tulis ilmiah dari hasil pemikiran dan penelitian bukan saja dari para pejabat fungsional di lingkungan Pusat Sumber Daya Geologi, tetapi juga para pakar mineral dan energi dari institusi lainnya.

Redaksi tanpa henti berupaya untuk meningkatkan mutu penerbitan melalui penyaringan secara ketat naskah karya tulis. Dapat dikatakan dilematis karena di satu sisi kami harus menampung karya-karya tulis dari masyarakat penulis ilmiah yang masih dalam tahap belajar, sementara di sisi lain menjalankan misi untuk menerbitkan karya-karya tulis bermutu dan dapat dipertanggung jawabkan dari segi ilmiahnya. Meskipun redaksi selalu memberikan toleransi dalam hal penulisan pada setiap penerbitan, kami berharap para penulis dari terutama masyarakat jabatan fungsional tidak memanfaatkannya hanya untuk terutama kepentingan tuntutan minimal kenaikan pangkat yang terkait dengan jabatan fungsionalnya.

Sekedar berbagi cerita tentang hasil penyaringan naskah karya tulis, kami sampai pada penilaian bahwa sebagian besar naskah masih merupakan laporan deskriptif dari hasil kegiatan lapangan tahunan, yang umumnya berisi pemaparan tentang sumber daya komoditi tanpa menyertakan analisis sintesis memadai yang seharusnya menjadi persyaratan setiap karya tulis ilmiah.

Sebagian ahli geologi di lingkungan Pusat Sumber Daya Geologi berpandangan bahwa karya tulis yang berkaitan dengan tugas pokok dan fungsi institusi tidak perlu disajikan terlalu ilmiah, yang terpenting singkat dan jelas. Cara pandang ini dapat diterima dalam kaitannya dengan penyelidikan prospeksi tahap awal dari suatu wilayah yang mungkin memiliki cadangan komoditi bernilai ekonomis. Tetapi harus dipertimbangkan bahwa para perencana usaha pertambangan yang baik tentunya akan memerlukan akurasi data dan analisis ilmiah dari sasaran cadangan komoditi untuk dasar pengambilan keputusan penambangannya. Sehingga penyajian data dan hasil analisis ilmiah dalam suatu karya tulis ilmiah merupakan persyaratan mutlak yang harus dilakukan oleh para ahli geologi.

Akhir kata bahwa buletin ini diterbitkan sebagai wadah publikasi bagi karya-karya tulis ilmiah bermutu yang diharapkan dapat menjadi sarana penyebaran informasi hasil penyelidikan dan penelitian sumber daya geologi, yang insya Allah berguna bagi masyarakat. Selamat menikmati Buletin Sumber Daya Geologi.

Salam hangat,
Dewan Redaksi

Penanggung Jawab :

Kepala Pusat Sumber Daya Geologi

Wakil Penanggung Jawab :

Kepala Bidang Informasi

DEWAN REDAKSI

Ketua

Agus Pujobroto

Wakil Ketua

Danny Z. Herman

Anggota

Herry Rodiana Eddy

Teuku Ishlah

Sutrisno

Rahardjo Hutamadi

Freddy Nanlohi

Siti Sumilah R.S.

Asep Suryana

Editor :

Sjafra Dwipa

Herudiyanto

Bambang Tjahjono

Bambang Pardiarto

DEWAN PENERBIT

Ketua

S.S. Rita Susilawati

Anggota

Ella Dewi Laraswati

Nandang Sumarna

Retno Rahmawati

Candra

Redaksi menerima makalah baik dari dalam maupun dari luar lingkungan Pusat Sumber Daya Geologi. Makalah hendaknya berkaitan dengan sumber daya geologi secara khusus atau geologi secara umum serta ditulis dalam format Microsoft Word dengan single spasi, maksimal 10 halaman.

Alamatkan kepada :

Redaksi Buletin Pusat Sumber Daya Geologi,

Sub Bidang Penyediaan Informasi Publik

Jalan Soekarno Hatta No. 444

Bandung 40254.

Telp. (022) 5226270.

Fax. (022) 5206263

<http://www.dim.esdm.go.id>;

<http://portal.dim.esdm.go.id>

E-Mail = sismin@dim.esdm.go.id

DAFTAR ISI

Halaman

MAKALAH ILMIAH

Geokimia Sebaran Unsur Logam Pada Endapan Lumpur Sidoarjo.....	2
<i>Oleh : Sabtanto Joko Suprpto, Rudy Gunradi, dan Yose Rizal Ramli</i>	
Geologi Dan Ubahan Hidrotermal Sumur Dangkal Sww-2 Lapangan Panas Bumi Suwawa, Bonebolango - Gorontalo.....	12
<i>Oleh : Fredy Nanlohi</i>	
Pembentukan Kipas Aluvial Di Daerah Sinunukan, Kecamatan Batang Natal, Kabupaten Mandailing Natal Provinsi Sumatera Utara.....	21
<i>Oleh : Mangara P. Pohan</i>	
Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Nilai Kalori Batubara Daerah Horna Irian Jaya Barat.....	33
<i>Oleh :Deddy Amarullah</i>	
Tinjauan Tentang Cebakan Emas Aluvial Di Indonesia Dan Potensi Pengembangan.....	42
<i>Oleh :Sabtanto Joko Suprpto</i>	
SEJARAH MINERALOGI.....	51
PEDOMAN PENULISAN	
Makalah/karya Tulis Ilmiah Buletin Sumber Daya Geologi.....	52
KAMUS GEOLOGI.....	54

Foto sampul belakang luar :

Pengambilan Pasir Besi dan Mineral Berat Lainnya (gundukan) dari Tailing Tambang Emas Aluvial, Monterado, Kalbar

GEOKIMIA SEBARAN UNSUR LOGAM PADA ENDAPAN LUMPUR SIDOARJO

Oleh

Sabtanto Joko Suprpto*, Rudy Gunradi*, dan Yose Rizal Ramli**

*Kelompok Program Penelitian Konservasi, **Kelompok Program Penelitian Mineral
Pusat Sumber Daya Geologi

SARI

Semburan lumpur panas Sidoarjo mulai muncul pada tanggal 29 Mei 2006 di areal persawahan Desa Siring, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Provinsi Jawa Timur. Jarak titik semburan sekitar 150 meter arah Barat Daya sumur Banjar Panji 1 milik PT. Lapindo Brantas yang saat itu sedang dilakukan pemboran vertikal untuk mencapai Formasi Kujung pada kedalaman 10.300 kaki.

Fenomena geologi berupa luapan lumpur panas sangat menarik banyak pihak yang mendorong untuk melakukan bermacam kajian. Analisis berbagai parameter untuk mengungkap fenomena yang ada telah memperkaya khasanah kegeologian di Indonesia.

Suhu luapan lumpur yang tinggi telah menimbulkan asumsi kemungkinan adanya pengaruh larutan hidrotermal yang ikut terbawa ke luar bercampur bersama luapan lumpur. Sebagai akibatnya maka akan terbawa juga unsur-unsur logam yang umum dijumpai pada larutan hidrotermal terutama yaitu Cu, Pb, Zn, Mn, Fe, Cd, As, Sb, Au, Ag, Hg, dan Se.

ABSTRACT

The hot mud ejection of Sidoarjo started emerging on 29 May 2006 at a rice field area of Siring Village, Porong Subdistrict, Sidoarjo Regency, East Java Province. Location of this ejection point is around 150 meters southwest of Banjar Panji 1 well of PT. Lapindo Brantas. This phenomenon happened when a vertical drilling was being done to reach Kujung Formation at the depth of 10,300 feet.

This geologic phenomenon in the form of hot mudflow is a very attractive evidence to many sides which encourage for conducting a variety of research works. Analysis of various parameters related to evidence it is intended to reveal the existing natural phenomenon which has enriched geological knowledge in Indonesia.

High temperature of the mudflow has generated assumptions of possible existence of hydrothermal fluid influence which has been mixing with the mudflow on the way up to the surface. As a result, hence it will also bring along metallic elements commonly within hydrothermal fluid especially Cu, Pb, Zn, Mn, Fe, Cd, As, Sb, Au, Ag, Hg, and Se.

PENDAHULUAN

Lokasi semburan Lumpur Sidoarjo, Terletak di Desa Siring, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo (Gambar 1). Semburan lumpur panas di Sidoarjo merupakan fenomena geologi yang menarik dan menjadi perhatian tidak saja para ahli dari dalam negeri namun juga dari luar negeri. Awal semburan terjadi di sekitar Sumur Banjar Panji 1 (BJP-1), dengan debit 5.000 m³/hari. Lubang semburan terjadi di beberapa tempat, sebelum akhirnya menjadi satu lubang yang dari waktu ke waktu menyemburkan lumpur panas dengan volume yang terus meningkat. Pada bulan Mei-Agustus 2006 debit lumpur telah mencapai 126.000 m³/hari (Gambar 2).

Semburan lumpur dari lubang pemboran yang menembus sampai pada kedalaman 10.300 kaki membawa bahan padat dan cair dengan unsur-unsur dan senyawa terlarut di dalamnya. Bahan padat berasal dari batuan penyusun formasi yang ditembus lubang bor, sedangkan bahan cair sangat tergantung kondisi geologi dan

hidrogeologi daerah di sekitarnya.

Unsur-unsur dan senyawa terlarut pada fluida yang terbawa keluar bersama semburan lumpur panas akan terdispersi dan mempengaruhi kandungan kimiawi lumpur. Akumulasi dari unsur-unsur tertentu yang terus terbawa dalam fluida, pada kurun waktu yang lama berpotensi menimbulkan perubahan kandungan kimiawi lumpur dan lingkungan yang terlewati.

Pola sebaran unsur dan kecenderungan perubahan kandungan dari waktu ke waktu perlu dicermati sebagai dasar penanganan di antaranya potensi untuk peluang pemanfaatan.

Tingginya suhu lumpur menimbulkan hipotesis kemungkinan adanya sistim geotermal yang ikut berperan pada mekanisme keluarnya material lumpur panas. Sistim geotermal dapat terbentuk oleh pengaruh magmatik menghasilkan larutan hidrotermal yang umumnya mengandung unsur-unsur logam antara lain Cu, Pb, Zn, Mn, Fe, Cd, As, Sb, Au, Ag, Hg, dan Se.



Gambar 1. Peta indeks lokasi endapan lumpur



Gambar 2. Endapan lumpur Sidoarjo dengan latar belakang pusat semburan, Gunung Penanggungan dan Gunung Arjuno

GEOLOGI

Secara fisiografis daerah kegiatan termasuk ke dalam Zona Randublatung yang merupakan zona sempit memanjang sekitar 250 km dan lebar 10 km dari Semarang sampai Surabaya.

Secara struktur bawah permukaan Zona Randublatung diindikasikan sebagai triangle zone, sebuah zona segitiga yang diapit zona-zona sesar yang saling berlawanan kemiringan dan arahnya. Di Jawa Tengah dan Jawa Timur, Zona Randublatung merupakan wilayah pertemuan dua buah zone besar yakni Zona Rembang dan Zona Kendeng.

Zona Rembang merupakan daerah paparan dan slope yang dicirikan dengan dominasi sesar naik yang mengarah (vergence) ke selatan. Zona Kendeng merupakan slope dan bathyal dengan dominasi sesar naik ke arah utara. Sehingga di daerah pertemuan tersebut terbentuk sebuah zona sangat sempit, memanjang dan sangat dalam yang disebut Zona Randublatung. Pada Oligo-Miosen zona ini secara isostatik tenggelam untuk mengkompensasi

pengangkatan di kedua zona pengapitnya dan menjadi dapur yang baik untuk terakumulasinya hidrokarbon selama ada suplai sedimen yang kaya organik dan diendapkan di dalamnya.

Subsided triangle zone memberikan implikasi terhadap pematangan batuan induk dan adanya sub-thrust structure di bawah zona sesar naik menjadi perangkat yang baik, sedangkan reservoir akan tergantung kepada adanya sedimen berkualitas reservoir dari lingkungan yang lebih dangkal. Batupasir kuarsa Formasi Kerek dan Merawu yang berumur Miosen Tengah dan sedimen debris kuarsaan dari Formasi Ngrayong berumur Miosen Tengah yang diendapkan ke Zona Randublatung dan Kendeng, sumbernya banyak mengandung serpih napalan dan sedimen calcareous lainnya.

Dengan tataan geologi yang demikian menjadikan Zona Randublatung menjadi daerah prospek minyak dan gas dan telah dibuktikan dengan temuan Pertamina di karbonat Formasi Kujung pada zona ini.

Secara stratigrafis pada masa Pleistosen merupakan daerah lingkungan laut, Selat Madura menjorok jauh ke barat hampir sampai Kota Semarang. Sungai-sungai seperti Bengawan Solo dan sungai lainnya bermuara di Selat Madura purba mengendapkan sedimen seperti pasir dan lumpur sehingga terbentuk delta pada pantainya yang selanjutnya berangsur-angsur terjadi pendangkalan. Akibat pendangkalan tersebut lama kelamaan daratan bertambah ke arah pantai Selat Madura dan terbentuklah daratan seperti yang terlihat saat ini. Pada peta geologi regional lembar Surabaya dan Sapulu dan peta geologi regional lembar Malang yang dikeluarkan Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, disebutkan bahwa batuan penyusun daerah kegiatan adalah endapan aluvial (Santosa dan Suwarti, 1992).

Beberapa kilometer di selatan Porong dominasi endapan gungungapi Kuartar dalam sebaran yang luas, dan endapan dari gunungapi yang sampai saat ini masih aktif (Gambar 3 & 4).



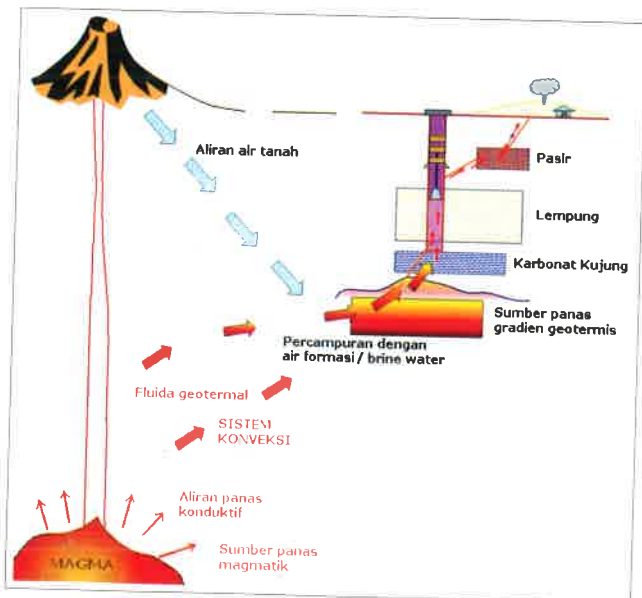
Gambar 3. Peta geologi (Santosa dan Suwarti, 1992)

HIPOTESIS

Fenomena luapan lumpur panas Sidoarjo telah memicu banyak pakar untuk membuat telaah dan hipotesis tentang mekanisme keterjadiannya, termasuk aspek di luar geologi perminyakan yang ikut menyertai dalam mekanisme terjadinya lumpur panas. Suhu lumpur yang panas, semula dianggap hanya pengaruh faktor gradien geotermis. Akan tetapi dengan tingginya suhu mendekati 100oC memberikan alternatif lain di luar aspek gradien geotermis yang ikut mempengaruhi suhu lumpur. Meskipun titik semburan berada pada lingkungan geologi berupa cekungan sedimenter, akan tetapi mengingat Pulau Jawa berada pada busur vulkanik, pengaruh magmatik sangat mungkin ikut menyertai mekanisme munculnya lumpur panas. Hal ini didukung dengan adanya batuan gunungapi Kuartar yang terdapat sekitar dua kilometer di selatan pusat semburan, dan dijumpai juga adanya aktivitas gunung api (Gambar 3 & 4).



Gambar 4. Lokasi semburan lumpur, latar belakang G. Penanggungan dan G. Arjuno (sumber image dari Google Earth)



Gambar 5. Sketsa hipotesis pembentukan lumpur panas (modifikasi dari Rovicky, 2007)

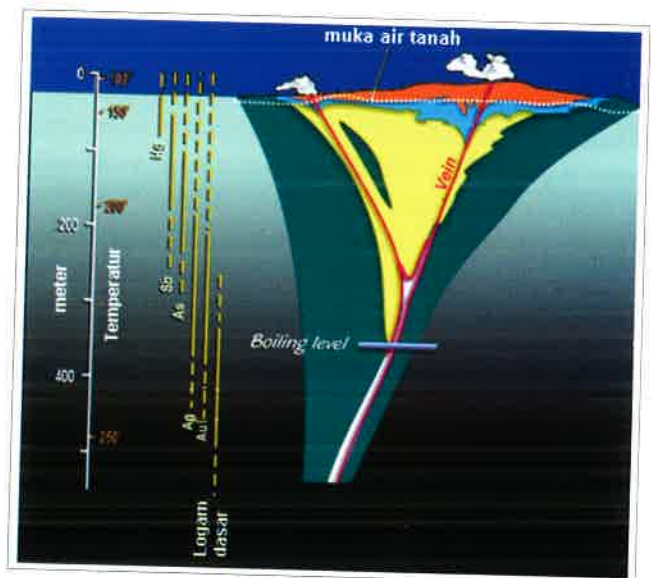
Daerah selatan Sidoarjo berupa daerah tinggian tersusun oleh batuan gunungapi, merupakan zona resapan air tanah yang potensial menjadi sumber air dalam satu siklus hidrogeologi yang dapat mempengaruhi juga kondisi hidrogeologi di daerah Porong. Sistem fluida geotermal sebagai efek magmatik pada zona kedalaman tertentu, membentuk konveksi aliran fluida panas (hidrotermal), mempunyai daerah pengaruh potensial dapat menjangkau sampai Formasi Kujung dan ikut mengkontaminasi fluida yang ada pada zona di bawah pusat semburan (Gambar 5).

Fluida geotermal bersifat asam, potensial melarutkan unsur logam, sehingga kandungan unsur pada lumpur akan terpengaruh. Suhu dengan kisaran mendekati 100oC merupakan zona epitermal yang umumnya merupakan zona dijumpainya Cu, Pb, Zn, Mn, Fe, Cd, As, Sb, Au, Ag, Hg, dan Se (Gambar 6).

Fluida geotermal berasal dari cairan sisa magma, dapat juga dari air tanah yang terkonduksi panas magmatik, atau pencampuran keduanya. Karakteristik fluida geotermal tidak selalu konstan, dapat berubah-ubah tergantung aktivitas magmatik itu sendiri serta siklus geohidrologi pada zona di sekitarnya. Hal ini akan mempengaruhi kandungan unsur-unsur terlarut di dalam fluidanya.

METODOLOGI

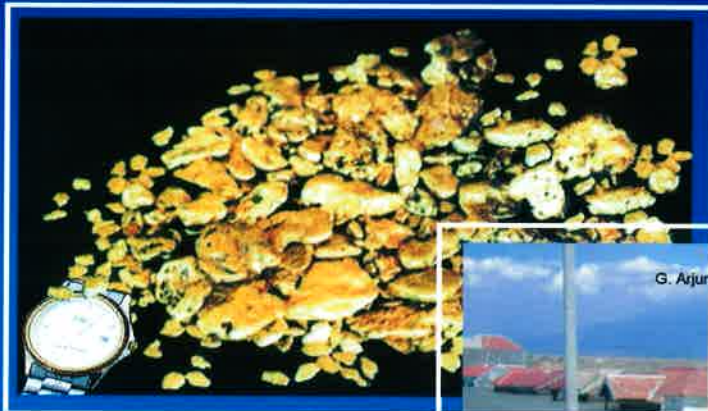
Penyelidikan geokimia sebaran unsur logam pada endapan lumpur Sidoarjo didasari pada hipotesis akan kemungkinan adanya fluida geotermal yang terbawa bersama semburan lumpur panas. Fluida geotermal atau dikenal dengan hidrotermal pada suhu sekitar 100oC potensial melarutkan unsur-unsur logam Cu, Pb, Zn, Mn, Ag, Fe, Cd, As, Sb, Au, dan Se.



Gambar 6. Model sebaran unsur logam pada zona epitermal (Buchanan, 1981 dalam Panteleyev, 1990)

buletin **SUMBER DAYA GEOLOGI**

Volume 2 Nomor 2 - 2007



Geokimia Sebaran Unsur Logam Pada Endapan Lumpur Sidoarjo ●

**Geologi Dan Ubahan Hidrotermal Sumur Dangkal Sww-2
Lapangan Panas Bumi Suwawa, Bonebolango - Gorontalo ●**

**Tinjauan Tentang Cebakan Emas Aluvial Di Indonesia ●
Dan Potensi Pengembangan**



PENGANTAR REDAKSI

Para pembaca yang budiman

Puji syukur ke hadirat Allah swt. bahwa Buletin Sumber Daya Geologi Volume 2 Nomor 2 telah dapat diterbitkan. Dengan tersedianya anggaran setiap tahunnya diharapkan buletin ini akan terbit secara berkelanjutan dan dapat ditingkatkan mutunya. Di masa datang Buletin Sumber Daya Geologi diharapkan menjadi salah satu wadah publikasi yang dapat menampung karya-karya tulis ilmiah dari hasil pemikiran dan penelitian bukan saja dari para pejabat fungsional di lingkungan Pusat Sumber Daya Geologi, tetapi juga para pakar mineral dan energi dari institusi lainnya.

Redaksi tanpa henti berupaya untuk meningkatkan mutu penerbitan melalui penyaringan secara ketat naskah karya tulis. Dapat dikatakan dilematis karena di satu sisi kami harus menampung karya-karya tulis dari masyarakat penulis ilmiah yang masih dalam tahap belajar, sementara di sisi lain menjalankan misi untuk menerbitkan karya-karya tulis bermutu dan dapat dipertanggung jawabkan dari segi ilmiahnya. Meskipun redaksi selalu memberikan toleransi dalam hal penulisan pada setiap penerbitan, kami berharap para penulis dari terutama masyarakat jabatan fungsional tidak memanfaatkannya hanya untuk terutama kepentingan tuntutan minimal kenaikan pangkat yang terkait dengan jabatan fungsionalnya.

Sekedar berbagi cerita tentang hasil penyaringan naskah karya tulis, kami sampai pada penilaian bahwa sebagian besar naskah masih merupakan laporan deskriptif dari hasil kegiatan lapangan tahunan, yang umumnya berisi pemaparan tentang sumber daya komoditi tanpa menyertakan analisis sintesis memadai yang seharusnya menjadi persyaratan setiap karya tulis ilmiah.

Sebagian ahli geologi di lingkungan Pusat Sumber Daya Geologi berpandangan bahwa karya tulis yang berkaitan dengan tugas pokok dan fungsi institusi tidak perlu disajikan terlalu ilmiah, yang terpenting singkat dan jelas. Cara pandang ini dapat diterima dalam kaitannya dengan penyelidikan prospeksi tahap awal dari suatu wilayah yang mungkin memiliki cadangan komoditi bernilai ekonomis. Tetapi harus dipertimbangkan bahwa para perencana usaha pertambangan yang baik tentunya akan memerlukan akurasi data dan analisis ilmiah dari sasaran cadangan komoditi untuk dasar pengambilan keputusan penambangannya. Sehingga penyajian data dan hasil analisis ilmiah dalam suatu karya tulis ilmiah merupakan persyaratan mutlak yang harus dilakukan oleh para ahli geologi.

Akhir kata bahwa buletin ini diterbitkan sebagai wadah publikasi bagi karya-karya tulis ilmiah bermutu yang diharapkan dapat menjadi sarana penyebarluasan informasi hasil penyelidikan dan penelitian sumber daya geologi, yang insya Allah berguna bagi masyarakat. Selamat menikmati Buletin Sumber Daya Geologi.

Salam hangat,
Dewan Redaksi

Penanggung Jawab :

Kepala Pusat Sumber Daya Geologi

Wakil Penanggung Jawab :

Kepala Bidang Informasi

DEWAN REDAKSI

Ketua

Agus Pujobroto

Wakil Ketua

Danny Z. Herman

Anggota

Herry Rodiana Eddy

Teuku Ishlah

Sutrisno

Rahardjo Hutamadi

Freddy Nanlohi

Siti Sumilah R.S.

Asep Suryana

Editor :

Sjafra Dwipa

Herudiyanto

Bambang Tjahjono

Bambang Pardiarto

DEWAN PENERBIT

Ketua

S.S. Rita Susilawati

Anggota

Ella Dewi Laraswati

Nandang Sumarna

Retno Rahmawati

Candra

Redaksi menerima makalah baik dari dalam maupun dari luar lingkungan Pusat Sumber Daya Geologi. Makalah hendaknya berkaitan dengan sumber daya geologi secara khusus atau geologi secara umum serta ditulis dalam format Microsoft Word dengan single spasi, maksimal 10 halaman.

Alamatkan kepada :

Redaksi Buletin Pusat Sumber Daya Geologi,
Sub Bidang Penyediaan Informasi Publik

Jalan Soekarno Hatta No. 444

Bandung 40254.

Telp. (022) 5226270,

Fax. (022) 5206263

<http://www.dim.esdm.go.id>;

<http://portal.dim.esdm.go.id>

E-Mail = sismin@dim.esdm.go.id

ISSN 1907-5367

buletin
Volume 2 Nomor 2 - 2007
SUMBER DAYA GEOLOGI

DAFTAR ISI

Halaman

MAKALAH ILMIAH

Geokimia Sebaran Unsur Logam Pada Endapan Lumpur Sidoarjo.....2
Oleh : Sabtanta Joko Suprpto, Rudy Gunradi, dan Yose Rizal Ramli

Geologi Dan Ubahan Hidrotermal Sumur Dangkal Sww-2 Lapangan Panas Bumi Suwawa, Bonebolango - Gorontalo.....12
Oleh : Fredy Nanlohi

Pembentukan Kipas Aluvial Di Daerah Sinunukan, Kecamatan Batang Natal, Kabupaten Mandailing Natal Provinsi Sumatera Utara.....21
Oleh : Mangara P. Pohan

Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Nilai Kalori Batubara Daerah Horna Irian Jaya Barat.....33
Oleh :Deddy Amarullah

Tinjauan Tentang Cebakan Emas Aluvial Di Indonesia Dan Potensi Pengembangan.....42
Oleh :Sabtanta Joko Suprpto

SEJARAH MINERALOGI.....51

PEDOMAN PENULISAN
Makalah/karya Tulis Ilmiah Buletin Sumber Daya Geologi.....52

KAMUS GEOLOGI.....54

Foto sampul belakang luar :

Pengambilan Pasir Besi dan Mineral Berat Lainnya (gundukan) dari Tailing Tambang Emas Aluvial, Monterado, Kalbar

GEOKIMIA SEBARAN UNSUR LOGAM PADA ENDAPAN LUMPUR SIDOARJO

Oleh

Sabtanto Joko Suprpto*, Rudy Gunradi*, dan Yose Rizal Ramli**

*Kelompok Program Penelitian Konservasi, **Kelompok Program Penelitian Mineral
Pusat Sumber Daya Geologi

SARI

Semburan lumpur panas Sidoarjo mulai muncul pada tanggal 29 Mei 2006 di areal persawahan Desa Siring, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Provinsi Jawa Timur. Jarak titik semburan sekitar 150 meter arah Barat Daya sumur Banjar Panji I milik PT. Lapindo Brantas yang saat itu sedang dilakukan pemboran vertikal untuk mencapai Formasi Kujung pada kedalaman 10.300 kaki.

Fenomena geologi berupa luapan lumpur panas sangat menarik banyak pihak yang mendorong untuk melakukan bermacam kajian. Analisis berbagai parameter untuk mengungkap fenomena yang ada telah memperkaya khasanah kegeologian di Indonesia.

Suhu luapan lumpur yang tinggi telah menimbulkan asumsi kemungkinan adanya pengaruh larutan hidrotermal yang ikut terbawa ke luar bercampur bersama luapan lumpur. Sebagai akibatnya maka akan terbawa juga unsur-unsur logam yang umum dijumpai pada larutan hidrotermal terutama yaitu Cu, Pb, Zn, Mn, Fe, Cd, As, Sb, Au, Ag, Hg, dan Se.

ABSTRACT

The hot mud ejection of Sidoarjo started emerging on 29 May 2006 at a rice field area of Siring Village, Porong Subdistrict, Sidoarjo Regency, East Java Province. Location of this ejection point is around 150 meters southwest of Banjar Panji I well of PT. Lapindo Brantas. This phenomenon happened when a vertical drilling was being done to reach Kujung Formation at the depth of 10,300 feet.

This geologic phenomenon in the form of hot mudflow is a very attractive evidence to many sides which encourage for conducting a variety of research works. Analysis of various parameters related to evidence it is intended to reveal the existing natural phenomenon which has enriched geological knowledge in Indonesia.

High temperature of the mudflow has generated assumptions of possible existence of hydrothermal fluid influence which has been mixing with the mudflow on the way up to the surface. As a result, hence it will also bring along metallic elements commonly within hydrothermal fluid especially Cu, Pb, Zn, Mn, Fe, Cd, As, Sb, Au, Ag, Hg, and Se.

PENDAHULUAN

Lokasi semburan Lumpur Sidoarjo, Terletak di Desa Siring, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo (Gambar 1). Semburan lumpur panas di Sidoarjo merupakan fenomena geologi yang menarik dan menjadi perhatian tidak saja para ahli dari dalam negeri namun juga dari luar negeri. Awal semburan terjadi di sekitar Sumur Banjar Panji 1 (BJP-1), dengan debit 5.000 m³/hari. Lubang semburan terjadi di beberapa tempat, sebelum akhirnya menjadi satu lubang yang dari waktu ke waktu menyemburkan lumpur panas dengan volume yang terus meningkat. Pada bulan Mei-Agustus 2006 debit lumpur telah mencapai 126.000 m³/hari (Gambar 2).

Semburan lumpur dari lubang pemboran yang menembus sampai pada kedalaman 10.300 kaki membawa bahan padat dan cair dengan unsur-unsur dan senyawa terlarut di dalamnya. Bahan padat berasal dari batuan penyusun formasi yang ditembus lubang bor, sedangkan bahan cair sangat tergantung kondisi geologi dan

hidrogeologi daerah di sekitarnya.

Unsur-unsur dan senyawa terlarut pada fluida yang terbawa keluar bersama semburan lumpur panas akan terdispersi dan mempengaruhi kandungan kimiawi lumpur. Akumulasi dari unsur-unsur tertentu yang terus terbawa dalam fluida, pada kurun waktu yang lama berpotensi menimbulkan perubahan kandungan kimiawi lumpur dan lingkungan yang terlewati.

Pola sebaran unsur dan kecenderungan perubahan kandungan dari waktu ke waktu perlu dicermati sebagai dasar penanganannya di antaranya potensi untuk peluang pemanfaatan.

Tingginya suhu lumpur menimbulkan hipotesis kemungkinan adanya sistem geotermal yang ikut berperan pada mekanisme keluarnya material lumpur panas. Sistem geotermal dapat terbentuk oleh pengaruh magmatik menghasilkan larutan hidrotermal yang umumnya mengandung unsur-unsur logam antara lain Cu, Pb, Zn, Mn, Fe, Cd, As, Sb, Au, Ag, Hg, dan Se.



Gambar 1. Peta indeks lokasi endapan lumpur



Gambar 2. Endapan lumpur Sidoarjo dengan latar belakang pusat sumberan, Gunung Penanggungan dan Gunung Arjuno

GEOLOGI

Secara fisiografis daerah kegiatan termasuk ke dalam Zona Randublatung yang merupakan zona sempit memanjang sekitar 250 km dan lebar 10 km dari Semarang sampai Surabaya.

Secara struktur bawah permukaan Zona Randublatung diindikasikan sebagai triangle zone, sebuah zona segitiga yang diapit zona-zona sesar yang saling berlawanan kemiringan dan arahnya. Di Jawa Tengah dan Jawa Timur, Zona Randublatung merupakan wilayah pertemuan dua buah zone besar yakni Zona Rembang dan Zona Kendeng.

Zona Rembang merupakan daerah paparan dan slope yang dicirikan dengan dominasi sesar naik yang mengarah (vergency) ke selatan. Zona Kendeng merupakan slope dan bathyal dengan dominasi sesar naik ke arah utara. Sehingga di daerah pertemuan tersebut terbentuk sebuah zona sangat sempit, memanjang dan sangat dalam yang disebut Zona Randublatung. Pada Oligo-Miosen zona ini secara isostatik tenggelam untuk mengkompensasi

pengangkatan di kedua zona pengapitnya dan menjadi dapur yang baik untuk terakumulasinya hidrokarbon selama ada suplai sedimen yang kaya organik dan diendapkan di dalamnya.

Subsided triangle zone memberikan implikasi terhadap pematangan batuan induk dan adanya sub-thrust structure di bawah zona sesar naik menjadi perangkap yang baik, sedangkan reservoir akan tergantung kepada adanya sedimen berkualitas reservoir dari lingkungan yang lebih dangkal. Batupasir kuarsa Formasi Kerek dan Merawu yang berumur Miosen Tengah dan sedimen debris kuarsaan dari Formasi Ngrayong berumur Miosen Tengah yang diendapkan ke Zona Randublatung dan Kendeng, sumbernya banyak mengandung serpih napalan dan sedimen calcareous lainnya.

Dengan tataan geologi yang demikian menjadikan Zona Randublatung menjadi daerah prospek minyak dan gas dan telah dibuktikan dengan temuan Pertamina di karbonat Formasi Kujung pada zona ini.

Secara stratigrafis pada masa Pleistosen merupakan daerah lingkungan laut, Selat Madura menjorok jauh ke barat hampir sampai Kota Semarang. Sungai-sungai seperti Bengawan Solo dan sungai lainnya bermuara di Selat Madura purba mengendapkan sedimen seperti pasir dan lumpur sehingga terbentuk delta pada pantainya yang selanjutnya berangsur-angsur terjadi pendangkalan. Akibat pendangkalan tersebut lama kelamaan daratan bertambah ke arah pantai Selat Madura dan terbentuklah daratan seperti yang terlihat saat ini. Pada peta geologi regional lembar Surabaya dan Sapulu dan peta geologi regional lembar Malang yang dikeluarkan Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, disebutkan bahwa batuan penyusun daerah kegiatan adalah endapan aluvial (Santosa dan Suwarti, 1992).

Beberapa kilometer di selatan Porong dominasi endapan gungungapi Kuartar dalam sebaran yang luas, dan endapan dari gunungapi yang sampai saat ini masih aktif (Gambar 3 & 4).



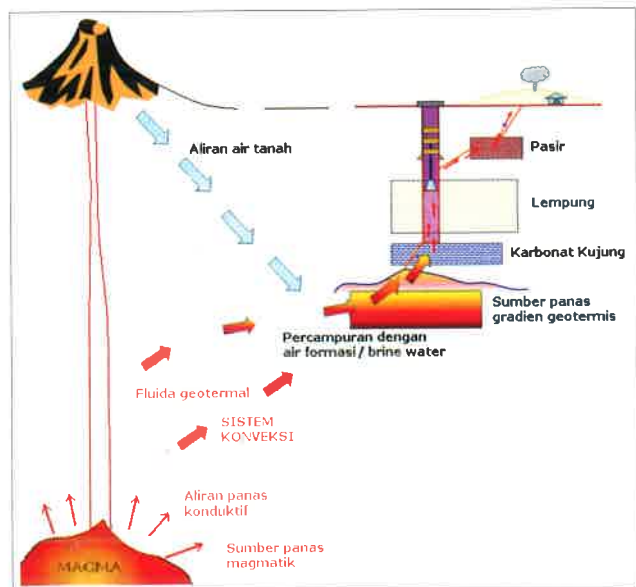
Gambar 3. Peta geologi (Santosa dan Suwarti, 1992)

HIPOTESIS

Fenomena luapan lumpur panas Sidoarjo telah memicu banyak pakar untuk membuat telaah dan hipotesis tentang mekanisme keterjadiannya, termasuk aspek di luar geologi perminyakan yang ikut menyertai dalam mekanisme terjadinya lumpur panas. Suhu lumpur yang panas, semula dianggap hanya pengaruh faktor gradien geotermis. Akan tetapi dengan tingginya suhu mendekati 100oC memberikan alternatif lain di luar aspek gradien geotermis yang ikut mempengaruhi suhu lumpur. Meskipun titik semburan berada pada lingkungan geologi berupa cekungan sedimenter, akan tetapi mengingat Pulau Jawa berada pada busur volcanik, pengaruh magmatik sangat mungkin ikut menyertai mekanisme munculnya lumpur panas. Hal ini didukung dengan adanya batuan gunungapi Kuartar yang terdapat sekitar dua kilometer di selatan pusat semburan, dan dijumpai juga adanya aktivitas gunung api (Gambar 3 & 4).



Gambar 4. Lokasi semburan lumpur, latar belakang G. Pananggungan dan G. Arjuno (sumber image dari Google Earth)



Gambar 5. Sketsa hipotesis pembentukan lumpur panas (modifikasi dari Rovicky, 2007)

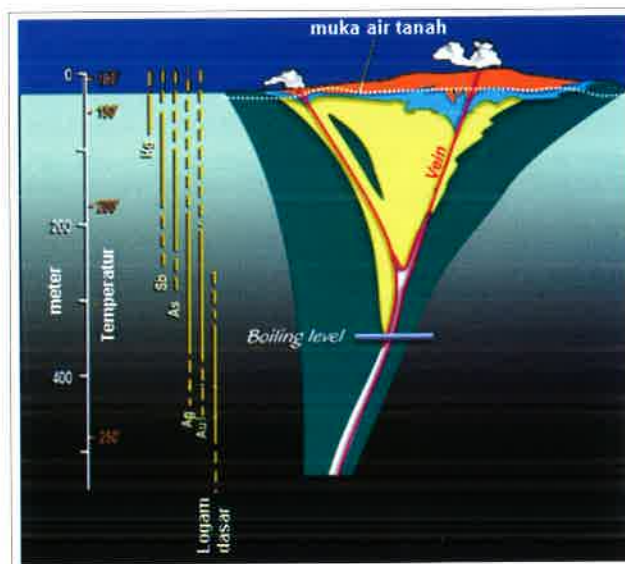
Daerah selatan Sidoarjo berupa daerah tinggian tersusun oleh batuan gunungapi, merupakan zona resapan air tanah yang potensial menjadi sumber air dalam satu siklus hidrogeologi yang dapat mempengaruhi juga kondisi hidrogeologi di daerah Porong. Sistem fluida geotermal sebagai efek magmatik pada zona kedalaman tertentu, membentuk konveksi aliran fluida panas (hidrotermal), mempunyai daerah pengaruh potensial dapat menjangkau sampai Formasi Kujung dan ikut mengkontaminasi fluida yang ada pada zona di bawah pusat semburan (Gambar 5).

Fluida geotermal bersifat asam, potensial melarutkan unsur logam, sehingga kandungan unsur pada lumpur akan terpengaruh. Suhu dengan kisaran mendekati 100oC merupakan zona epitermal yang umumnya merupakan zona dijumpainya Cu, Pb, Zn, Mn, Fe, Cd, As, Sb, Au, Ag, Hg, dan Se (Gambar 6).

Fluida geotermal berasal dari cairan sisa magma, dapat juga dari air tanah yang terkonduksi panas magmatik, atau percampuran keduanya. Karakteristik fluida geotermal tidak selalu konstan, dapat berubah-ubah tergantung aktivitas magmatik itu sendiri serta siklus geohidrologi pada zona di sekitarnya. Hal ini akan mempengaruhi kandungan unsur-unsur terlarut di dalam fluidanya.

METODOLOGI

Penyelidikan geokimia sebaran unsur logam pada endapan lumpur Sidoarjo didasari pada hipotesis akan kemungkinan adanya fluida geotermal yang terbawa bersama semburan lumpur panas. Fluida geotermal atau dikenal dengan hidrotermal pada suhu sekitar 100oC potensial melarutkan unsur-unsur logam Cu, Pb, Zn, Mn, Ag, Fe, Cd, As, Sb, Au, dan Se.



Gambar 6. Model sebaran unsur logam pada zona epitermal (Buchanan, 1981 dalam Panteleyev, 1990)

Sampel lumpur diambil pada lokasi di sekitar tanggul. Pada setiap lokasi diambil satu conto. Pengambilan lumpur untuk mendapatkan gambaran sebaran unsur secara vertikal sulit dilakukan mengingat kondisi lumpur masih sangat lunak sehingga pada kisaran ketebalan sekitar lima meter hanya terambil satu sampel. Pengambilan sampel lumpur dilakukan di antara tanggal 28 Maret 2007 dan 11 Mei 2007

Sebaran unsur logam disusun berdasarkan hasil analisis kimia conto lumpur dari 86 lokasi, yang jarak antar titik lokasi 200 - 400 meter (Gambar 8). Analisis kimia unsur logam dilakukan di Laboratorium Kimia Pusat Sumber Daya Geologi.

GEOKIMIA SEBARAN UNSUR LOGAM

Hasil pengukuran pH di lapangan menunjukkan lumpur bersifat basa dengan kisaran nilai pH 8-9. Hasil analisis kimia diperoleh perbandingan antara harga kisaran kandungan logam dalam lumpur dan kandungan rata-rata unsur logam dalam batulempung pada kerak bumi terdapat nilai sedikit lebih tinggi untuk beberapa unsur.

Sebaran Unsur Logam

Hasil analisis statistik terhadap kandungan unsur diperoleh kandungan rata-rata beberapa unsur umumnya di atas rata-rata kandungan unsur yang umum pada batu lempung. Rata-rata kandungan unsur agak tinggi tersebut terdiri dari Pb, Zn, Mn, Ag, Cd, Sb, Au, Se dan Hg (Tabel 1).

Sebaran unsur Ag mempunyai rata-rata agak tinggi, namun harga tertinggi hanya 2 ppm. Pola sebaran unsur (Gambar 9.A) menunjukkan peninggian harga Ag di sekitar pusat semburan.

Kandungan As di bawah harga rata-rata kandungan As umumnya pada batu lempung, namun pola sebaran unsur menunjukkan harga yang relatif meninggi ke arah sekitar pusat semburan (Gambar 9.B). Pola peninggian As di sekitar pusat semburan menunjukkan kemungkinan bahwa terdapat dispersi nilai As yang bersumber dari semburan lumpur.

Rata-rata kadar Au relatif lebih tinggi dibandingkan rata-rata umumnya pada batu lempung. Sebaran Au pada dekat pusat semburan mempunyai nilai rendah. Akan tetapi sedikit ke arah utara pusat semburan terdapat pola peninggian nilai Au (Gambar 9.C). Pola tersebut kurang memberikan gambaran asal dispersi dari Au. Namun kemungkinan besar peninggian tersebut terdispersi dari dari pusat semburan, hal ini mengingat kuantitas Au secara keseluruhan cukup besar maka apabila sebagai akibat kontaminasi dari lingkungan sekitarnya sangat kecil kemungkinannya. Endapan lumpur di Desa Siring dan

Kedung Bendo yang terendapkan relatif lebih awal mempunyai pola kandungan Au lebih tinggi dibandingkan pola sebaran kandungan Au di dekat pusat semburan (Gambar 9.C) yang merupakan endapan luapan lumpur lebih belakangan, hal ini kemungkinan sebagai akibat fluktuasi kandungan Au pada lumpur yang keluar.

Tabel 1. Ringkasan statistik kandungan unsur logam pada 86 sampel lumpur dan kadar pembandingan pada batulempung (Satuan dalam ppm kecuali Fe : %, Au & Hg : ppb)

Unsur	Min	Maks	Rata rata	Standar deviasi	Rata-rata dalam batu lempung
Cu	19	47	22,49	4,508	42
Pb	37	72	49,40	5,693	25
Zn	77	142	96,29	11,483	100
Mn	317	1095	653,78	101,992	850
Ag	0	2	0,95	0,270	0,19
Fe	3,12	3,98	3,55	0,38	4,7
Cd	4	8	6,01	0,888	0,3
As	1	10	3,46	1,934	12
Sb	1	30	4,13	4,774	1-2
Au	1	15	5,37	4,092	4
Se	2,6	127	83,528	24,380	0,6
Hg	0	106	20,41	18,245	0,02 - 0,4

Sebaran unsur Cd mempunyai rata-rata relatif tinggi. Nilai tinggi dijumpai juga di sekitar pusat semburan. Meskipun pola sebaran unsur Cd cenderung kurang teratur namun mendekati pusat semburan mempunyai kecenderungan meninggi.

Kandungan unsur Cu mempunyai rata-rata rendah. Nilai maksimum meskipun lebih tinggi dibandingkan rata-rata pada kandungan lempung, akan tetapi tidak jauh berbeda (Gambar 9.E). Pola sebaran unsur Cu mirip dengan Cd.

Rata-rata kadar Fe relatif rendah. Pola sebaran mirip dengan Cu dan Cd. Kandungan Fe meskipun ada imbuhan dari semburan lumpur, akan tetapi mempunyai nilai kisaran harga yang tidak menunjukkan adanya peninggian secara signifikan (Gambar 9.F).

Unsur Hg mempunyai harga rata-rata relatif tinggi dan mempunyai pola meninggi pada daerah sekitar pusat semburan (Gambar 10.A). Pola tersebut kemungkinan merupakan indikasi bahwa terdispersi dari pusat semburan.

Kisaran harga Mn 317 1095 ppm, rata-rata relatif rendah, akan tetapi terdapat nilai tinggi di beberapa lokasi. Pola sebaran Mn cenderung kurang teratur (Gambar 10.B). Nilai tinggi terdapat di dekat pusat semburan dan pada beberapa lokasi yang jauh dari pusat semburan.

Harga rata-rata Pb pada endapan lumpur agak tinggi dibandingkan rata-rata pada batu lempung. Pola sebaran dengan nilai tinggi dijumpai jauh dari pusat semburan terutama pada daerah utara dan pola nilai rendah pada daerah sekitar pusat semburan menerus ke arah selatan (Gambar 10.C). Unsur Pb mempunyai sifat yang kurang mobile, pola sebaran dengan nilai tinggi justru jauh dari pusat semburan kemungkinan akibat adanya fluktuasi kandungan unsur pada lumpur yang keluar.

Nilai kandungan rata-rata Sb relatif agak tinggi dengan pembanding rata-rata pada batu lempung. Nilai tinggi 7-30 ppm berada pada pusat semburan dan sekitarnya (Gambar 10.D). Pola meninggi di sekitar pusat semburan ke arah barat daya mengindikasikan bahwa terdispersi dari pusat semburan.

Kadar Se mempunyai rata-rata agak tinggi terutama pada daerah-daerah yang jauh dari pusat semburan. Kisaran nilai rendah mempunyai sebaran di sekitar pusat semburan menerus ke arah selatan (Gambar 10.E). Pola tersebut mengindikasikan bahwa kandungan Se ada pengaruh dari keluarnya lumpur. Pola sebaran dengan nilai rendah pada daerah dekat semburan kemungkinan akibat fluktuasi dari kadar Se yang terbawa keluar bersama lumpur dari waktu ke waktu mempunyai nilai yang tidak konstan.

Kadar rata-rata Zn di bawah rata-rata pada batu lempung. Namun kisaran nilai yang agak tinggi 100-142 ppm berada pada dekat pusat semburan menerus ke arah selatan (Gambar 10.F). Pola sebaran Zn mengindikasikan bahwa kemungkinan sumber dispersi dari pusat semburan.

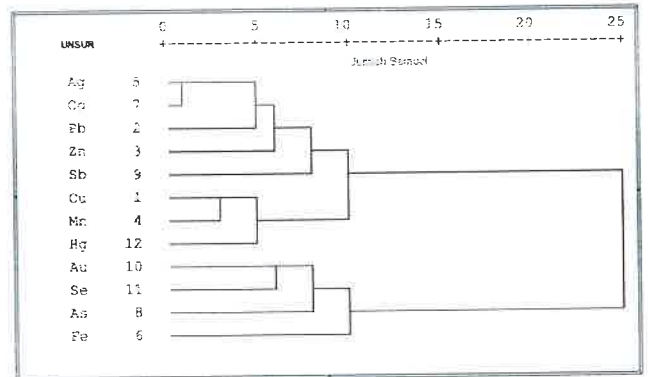
Analisis Multivariat

Analisis unsur secara multivariat terutama untuk mengetahui kekerabatan unsur. Berdasarkan diagram dendogram (Gambar 7) diperoleh tiga kekerabatan unsur, yaitu antara Ag-Cd-Pb-Zn-Sb, Cu-Mn-Hg dan Au-Se-As-Fe. Sedangkan berdasarkan analisis skor faktor (Tabel 2) diperoleh kekerabatan antara Pb-Zn-Mn-Ag-Cd, Cu-Mn-Hg dan Ag-Sb.

Berdasarkan kedua metodologi tersebut terdapat konsistensi kekerabatan antara Cu-Mn-Hg. Sementara unsur yang juga selalu dalam satu kelompok kekerabatan, yaitu Ag-Sb dan Zn-Cd-Ag. Kelompok kekerabatan skor faktor 1 antara Pb-Zn-Mn-Ag-Cd membentuk pola peninggian di daerah barat dan timur pusat semburan. Pola sebaran skor faktor 1 cenderung merupakan kelompok kekerabatan dengan logam dasar (Gambar 11.A). Sedangkan kelompok kekerabatan skor faktor 2 & 3 cenderung merupakan gambaran zona epitermal atas (Gambar 11.B,C) membentuk pola peninggian di sekitar pusat semburan menerus ke selatan di sekitar Desa Jatianom dan Jatirejo. Pola sebaran skor faktor 2 & 3 dengan kekerabatan kuat/tinggi mirip

dengan pola sebaran skor faktor 1 dengan kekerabatan negatif/rendah.

Pola sebaran dan kekerabatan unsur tersebut mengindikasikan bahwa kandungan unsur yang keluar bersama semburan lumpur mempunyai kadar unsur yang tidak selalu sama selama kurun waktu terbentuknya endapan lumpur.



Gambar 7. Diagram dendogram

Tabel 2. Hasil analisis skor faktor

Unsur	Komponen			
	1	2	3	4
Cu	0.187	0.821	0.000	-0.103
Pb	0.686	-0.101	-0.096	0.352
Zn	0.521	0.149	0.113	-0.140
Mn	0.658	0.533	-0.117	-0.038
Ag	0.751	0.209	0.338	0.004
Fe	0.129	-0.169	-0.108	-0.695
Cd	0.767	0.021	0.296	0.138
As	-0.641	-0.042	-0.056	0.171
Sb	0.149	0.092	0.725	-0.013
Au	0.116	-0.226	-0.282	0.702
Se	-0.136	-0.054	-0.781	0.084
Hg	0.022	0.767	0.228	0.106

Pola sebaran dan kekerabatan unsur tersebut mengindikasikan bahwa kandungan unsur yang keluar bersama semburan lumpur mempunyai kadar unsur yang tidak selalu sama selama kurun waktu terbentuknya endapan lumpur.

DISKUSI

Semburan lumpur panas di Porong, Kabupaten Sidoarjo merupakan fenomena geologi yang cukup kompleks. Kegiatan yang semula terkait dengan eksplorasi Migas, namun akibat gagalnya pemboran dan menimbulkan bencana berupa semburan lumpur panas yang tidak terkendali memberikan dampak luas bagi masyarakat sekitarnya, bahkan telah menjadi masalah nasional.

Fenomena geologi berupa semburan lumpur panas disamping sangat menonjol dari aspek kebencanaan, akan tetapi fenomena yang muncul perlu diungkap secara tuntas dan menyeluruh, sehingga kejadian yang sangat langka tersebut tidak semata-mata menjadi musibah yang memang harus segera ditanggulangi, akan tetapi juga menjadi lahan penyelidikan dan penelitian yang akan memperkaya khasanah kegeologian di tanah air.

Semburan lumpur dengan suhu yang cukup tinggi yaitu sekitar 100oC telah menimbulkan dugaan atau hipotesis akan adanya sistim geotermal hasil proses magmatik yang ikut mempengaruhi suhu lumpur yang keluar. Keterlibatan sistem geotermal tentu saja akan memberikan pengaruh tidak hanya pada efek naiknya suhu, akan tetapi fluida yang dihasilkan mempunyai sifat melarutkan unsur-unsur logam, sehingga apabila ikut terbawa keluar bersama lumpur akan mempengaruhi kandungan unsur logam pada endapan lumpur.

Hasil penyelidikan geokimia endapan lumpur Sidoarjo dengan melakukan analisis kimia kandungan unsur logam pada lumpur menunjukkan pola sebaran beberapa unsur logam yang relatif beragam. Pola sebaran beberapa unsur mempunyai nilai yang tinggi pada daerah jauh dari pusat semburan dan cenderung rendah pada sekitar pusat semburan. Akan tetapi beberapa unsur mempunyai pola yang jelas menunjukkan peninggian pada arah mendekati pusat semburan.

Sampel lumpur yang terambil saat penyelidikan mempunyai umur yang relatif berbeda. Lumpur pada lokasi jauh dari pusat semburan sebagian sudah mengering, merupakan endapan awal terjadinya semburan lumpur panas. Sementara pada sekitar pusat semburan saat pengambilan sampel masih terus terjadi penambahan lumpur dan dialirkan ke arah selatan menuju Sungai Porong. Pola sebaran unsur tertentu yang menunjukkan nilai kandungan unsur dengan peninggian dan nilai rendah pada daerah dekat pusat semburan maupun jauh dari pusat semburan dapat diduga bahwa kandungan unsur lumpur dari waktu ke waktu tidak konstan akan tetapi mengalami fluktuasi. Pola sebaran beberapa unsur yang meninggi ke arah pusat semburan mengindikasikan bahwa terdispersi dari pusat semburan lumpur.

Peninggian nilai beberapa unsur dibandingkan dengan rata-rata yang umum terdapat pada batu lempung memberikan kemungkinan bahwa ada pengaruh larutan hidrotermal dari aktivitas magmatik pada zona kedalaman yang mempengaruhi kandungan semburan lumpur. Proses peninggian beberapa kandungan unsur pada lumpur dapat terjadi saat masih insitu berada pada kedalaman semula, atau akibat setelah tersemburkan keluar ada imbuhan kandungan

unsur yang terakumulasi dan terdispersi kemudian. Keterdapatannya peninggian sebagian unsur logam dasar yang merupakan penciri suhu tinggi (Gambar 7) dimungkinkan sebagai akibat kecepatan keluarnya fluida yang relatif tinggi sehingga membawa serta unsur-unsur yang umumnya terbentuk pada zona dalam dan suhu tinggi.

Peninggian kandungan beberapa jenis unsur yang umum terlarut pada fluida geotermal memperkuat dugaan akan adanya aktivitas geotermal yang ikut mempengaruhi terjadinya lumpur panas. Unsur yang terbawa fluida geotermal yang keluar bersama semburan lumpur akan berpotensi terakumulasi pada daerah aliran lumpur. Oleh karena itu pemantauan terhadap perubahan kandungan unsur tersebut secara periodik dalam kurun waktu tertentu sangat diperlukan untuk mendapatkan gambaran pola sebaran secara lebih lengkap.

KESIMPULAN

Berdasarkan data dan pembahasan di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa pada proses keluarnya Lumpur Sidoarjo terdapat sistim geotermal yang ikut mempengaruhi. Hal ini tercermin dari pola sebaran unsur yang umum dijumpai pada lingkungan sistim geotermal khususnya pada suhu epitermal yang memberikan pola peninggian dari pusat semburan.

Pola sebaran kandungan unsur menunjukkan adanya fluktuasi kadar unsur dari waktu ke waktu, serta memberikan gambaran pada beberapa unsur terdispersi dari pusat semburan.

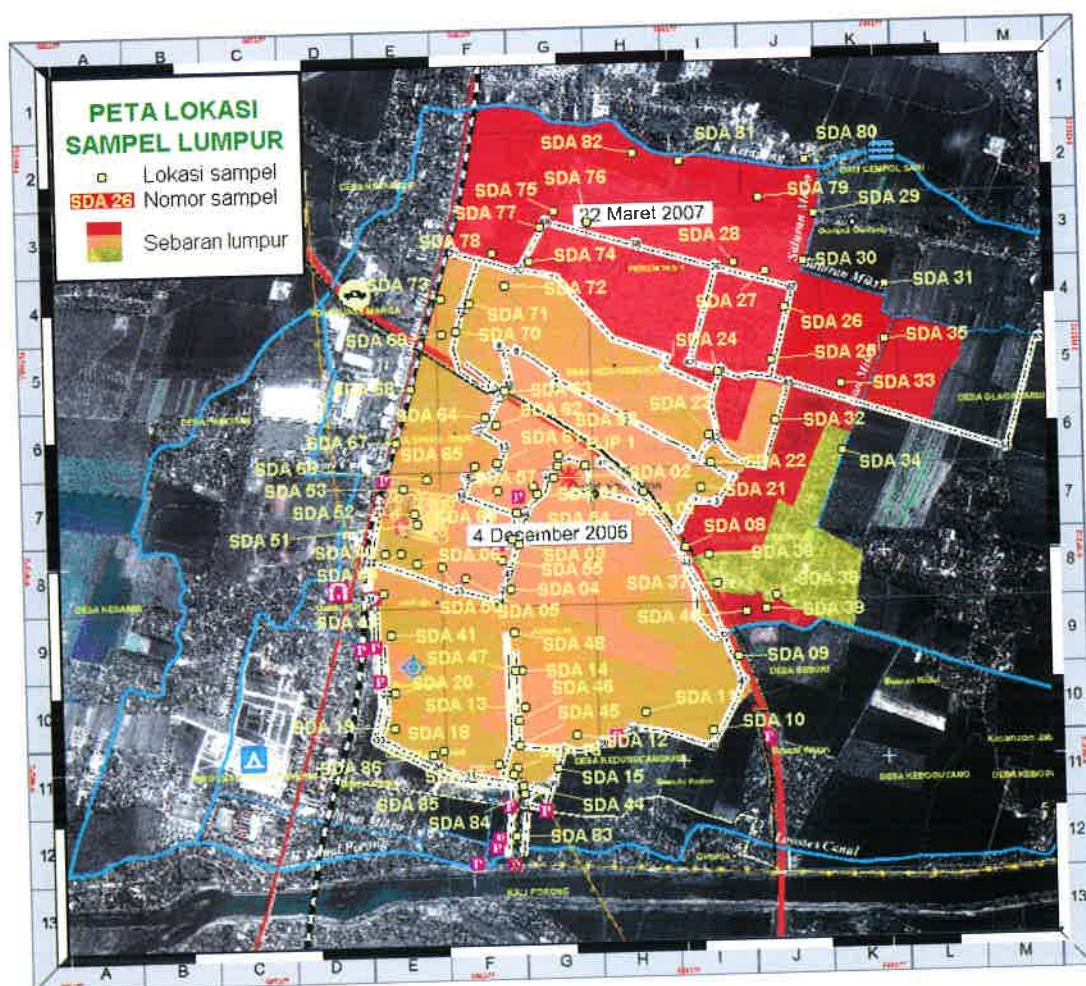
Kandungan penyusun Lumpur Sidoarjo dapat berasal dari sekitar lubang Bor Banjar Panji I (BJP-I) yang merupakan zona cekungan hidrokarbon, dari zona resapan air daerah sekitarnya, serta dari sistim geotermal.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih disampaikan kepada Kepala Pusat Sumber Daya Geologi yang telah memberikan dorongan untuk menyusun tulisan ini, rekan-rekan di Kelompok Program Penelitian Konservasi atas bantuannya, serta Ir. Bambang Pardiarto dan Ir. Teuku Ishlah selaku editor atas saran dan koreksinya.

ACUAN

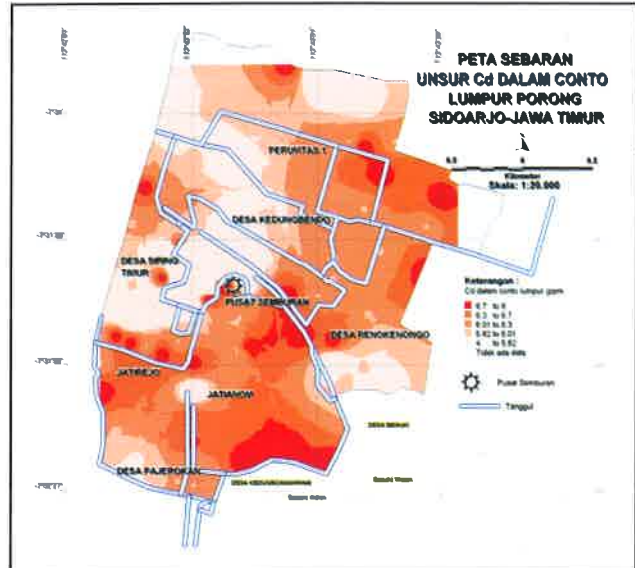
- Gunradi, R, dan Sukandar, M., 2007. Penelitian Endapan Lumpur di Daerah Porong, Kabupaten Sidoarjo, Provinsi Jawa Timur. *Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung*
- Panteleyev, A., 1990. A Canadian Cordilleran Model for Epithermal Gold-Silver Deposits. Di dalam : Roberts, R.G. dan Sheahan, P.A. Ore Deposit Models. *Geological Association of Canada, Ontario*
- Rovicky, 2007. Masih Soal Hipotesa Kelahiran Lusi. <http://rovicky.wordpress.com/2007/03/16/masih-soal-hipotesa-kelahiran-lusi/>
- Santosa, S dan Suwarti, T., 1992. Geologi Lembar Malang, Jawa. *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung*



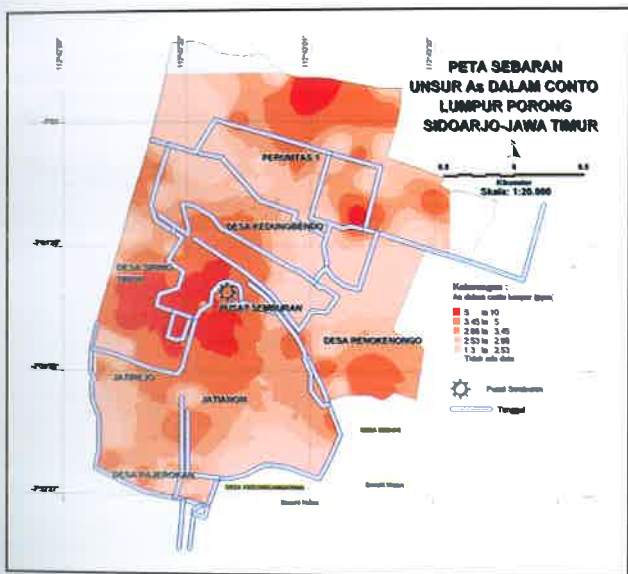
Gambar 8. Peta lokasi sampel lumpur (sumber peta dasar dari Balitbang-PU)



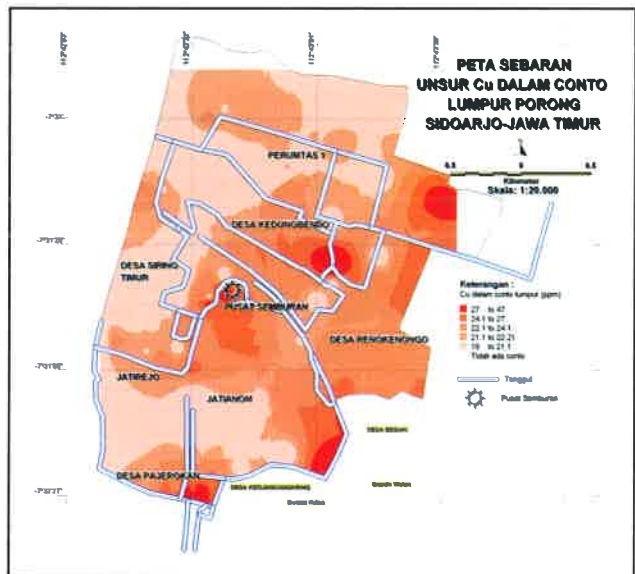
A



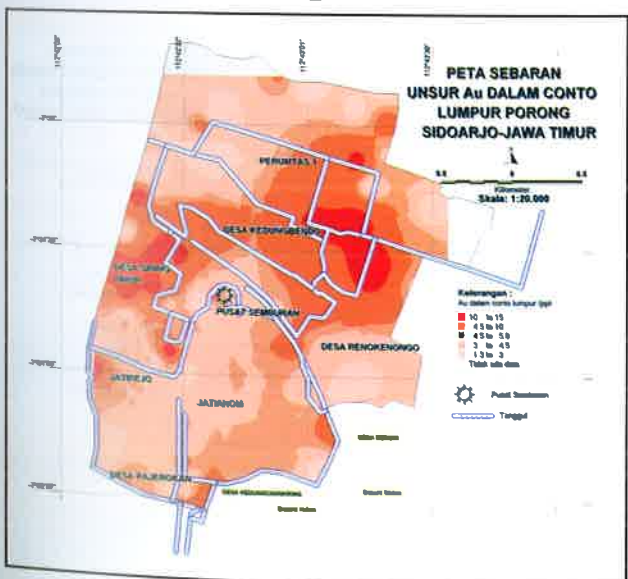
D



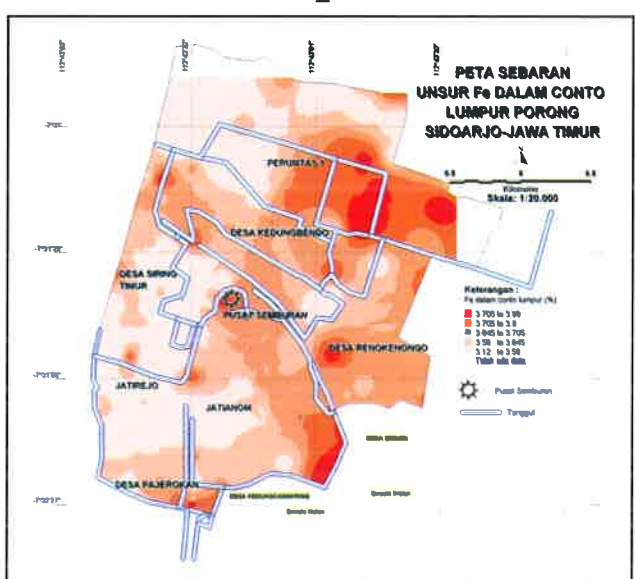
B



E

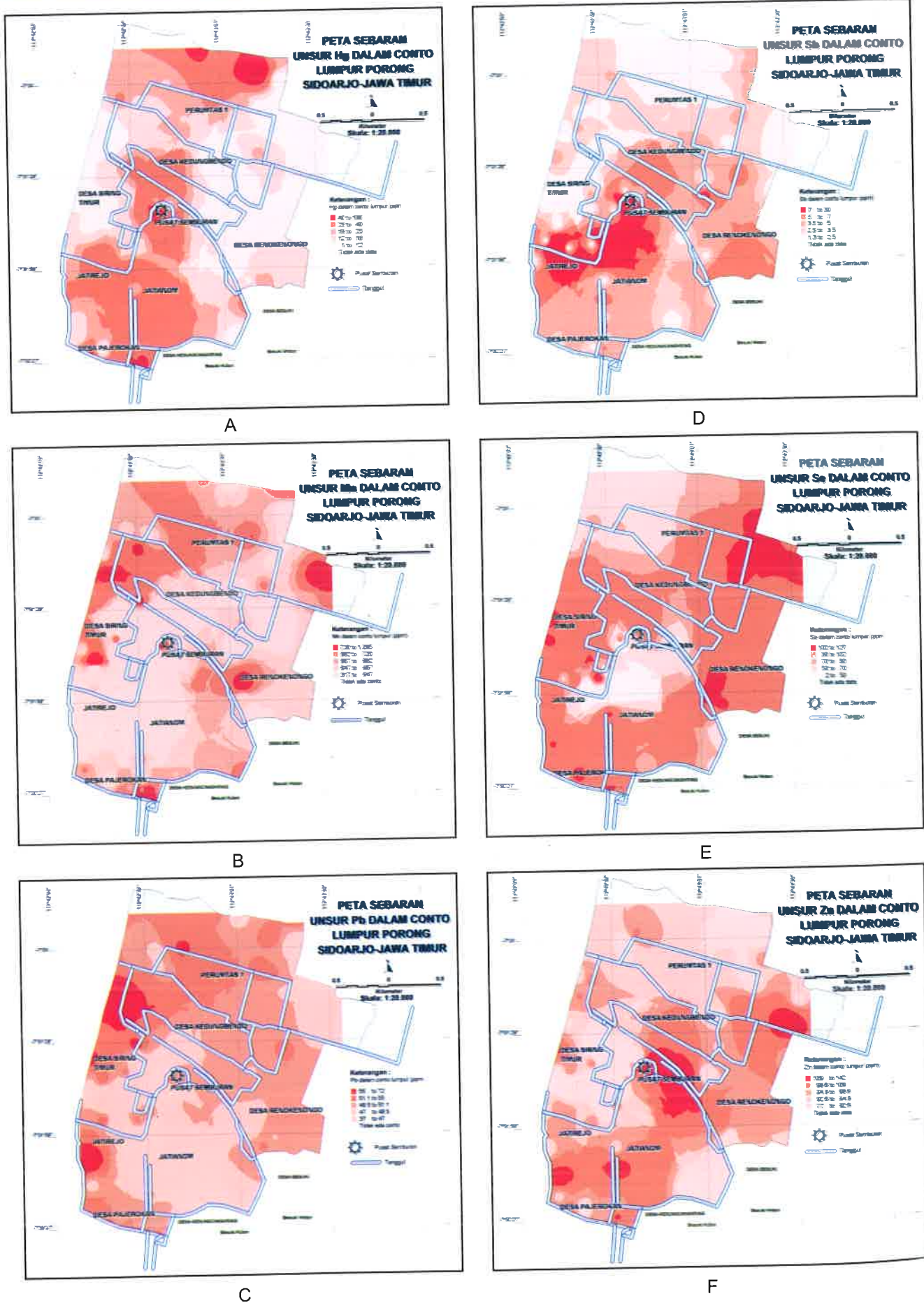


C

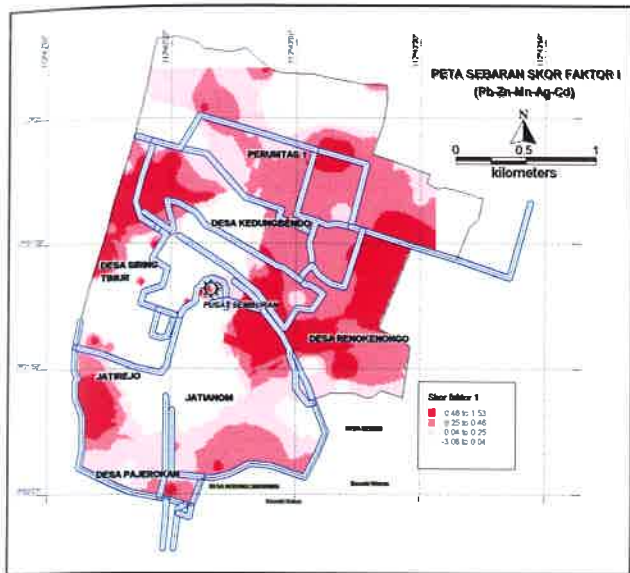


F

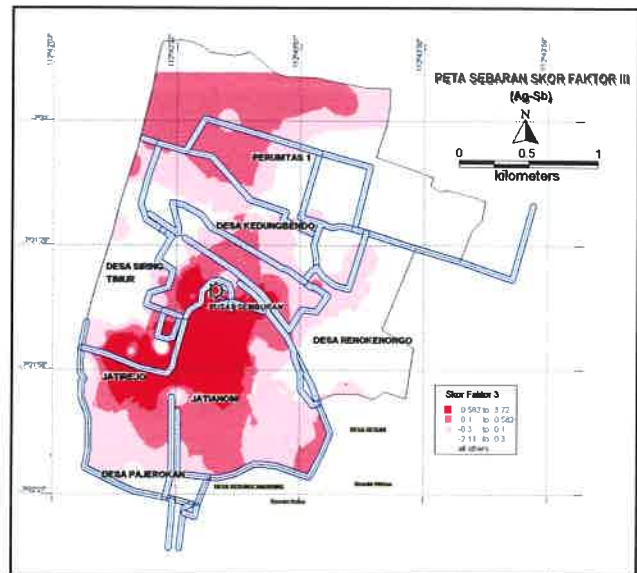
Gambar 9. Peta sebaran unsur pada endapan Lumpur Sidoarjo



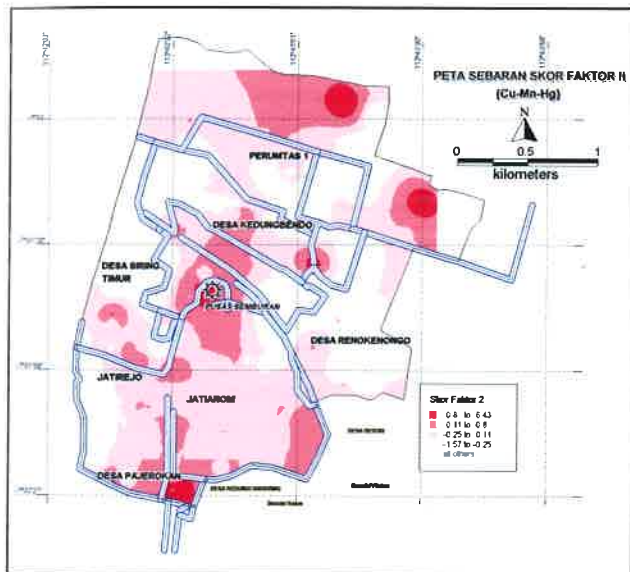
Gambar 9. Peta sebaran unsur pada endapan Lumpur Sidoarjo



A



C



B

Gambar 11. Peta sebaran skor faktor kekerabatan unsur A. Pb-Zn-Mn-Ag-Cd, B. Cu-Mn-Hg, C. Ag-Sb

GEOLOGI DAN UBAHAN HIDROTERMAL SUMUR DANGKAL SWW-2 LAPANGAN PANAS BUMI SUWAWA, BONEBOLANGO - GORONTALO

Oleh :

Fredy Nanlohi

Kelompok Program Penelitian Panas Bumi, Pusat Sumber Daya Geologi

S a r i

Stratigrafi sumur SWW-2 tersusun oleh endapan aluvial (0-50 m), endapan piroklastika (50-57,5 m) dan andesit terubah (57,5-250 m). Gejala struktur sesar ditemukan pada kedalaman 140-145 m dan 200-210 m dicirikan oleh adanya zona hancuran dan milonitisasi.

Ubahan hidrotermal dengan intensitas kuat hingga sangat kuat mulai terjadi dari kedalaman 57,5 hingga kedalaman 250 m, disebabkan oleh proses argilitisasi, oksidasi, anhidritisasi dengan/ tanpa kloritisasi, karbonatisasi, piritisasi, zeolitisasi, illitisasi dan epidotisasi. Pembentukan batuan ubahan sebagai hasil replacement dari mineral utama pada batuan dan matrik/masa dasar batuan, sebagian terbentuk sebagai urat-urat pengisi rekahan pada batuan (vein) dan vug (pengisi rongga pada batuan). Intensitas ubahan lemah hingga sangat kuat (Perbandingan mineral ubahan terhadap total mineral dalam batuan atau SM/TM = 20-85%). Epidot mulai ditemukan pada kedalaman 125 m, kehadirannya sebagai replacement, terbentuk pada temperatur 230°C dan sebagai vein serta vug terbentuk pada temperatur 260-280°C. Biotit ditemukan dari kedalaman 100-200 m, dapat terbentuk pada 220°C hingga lebih dari 325°C. Pembentukan mineral ubahan temperatur tinggi ini terjadi karena fluida panas bumi naik hingga kedalaman yang dangkal melalui rekahan-rekahan yang terbentuk oleh pergerakan sesar normal Lombongo dan Duano.

Telah terjadi penurunan temperatur reservoir sejak pembentukan mineral temperatur tinggi tersebut disbanding dengan kondisi temperature aktual sumur saat ini.

Batuan dari kedalaman 0-57,5 m belum mengalami ubahan hidrotermal sampai terubah lemah bersifat sebagai lapisan penutup atau overburden. Dari kedalaman 57,5-90 m merupakan andesit terubah dengan tipe ubahan argilik berfungsi sebagai batuan penudung (cap rock/clay cap). Batuan dari kedalaman 90-125 m adalah andesit terubah dengan tipe ubahan phyllic merupakan zona transisi dan batuan dari kedalaman 125-250 m adalah batuan andesit terubah dengan tipe ubahan propylitic sebagai zona reservoir, dicirikan oleh kehadiran mineral epidot, zeolit, klorit, kuarsa dan mineral lainnya..

Abstract

The stratigraphic of SWW-2 shallow well contain of Alluvial (0-50 m), pyroclastic deposit (50-57.5 m) and altered of andesite (57.5-250 m). Fault structures shown in the depth of 140-145 m and 200-210 m, indicated by broken and millonite zones.

Hydrothermal alteration with intens to very intens begin from depth of 57.5 m to 250 m, because of argillitization, oxidation, anhydritization with/without chloritization, carbonatization, pyritization, zeolithization, illitization and epidotization processes. The originated of altered mineral is as replacement of preliminary rock minerals and matrix/groundmass, as veins and vug. The intencity of alteration are from weak altered to very intens altered (SM/TM = 20-85%). Epidot shawn from the depth of 125 m to 250 m as a replacement ocured at temperature of 230°C, as vein and vug at temperature of 260-280°C. Biotite occurred at temperatures of 220°C to more than 325°C, shawn in 100 to 200 m depth. The high temperature of altered mineral probably occurred because of geothermal fluids up from underground to shallow depth through fractures zone as movement effect of the Lombongo and Duano normal fault. Cooling down temperature was originated since the occurrence of high temperature mineral to the actual temperature well up now.

The rock units from surface to 57.5 m depth are unaltered to weak altered rock as overburden, from 57.5m to 90 m depth are altered andesite with argillic type of alteration, as cap rock/clay cap, from the depth of 90 m to 125 m are andesite with phyllic type as transition zone and from 125 m to 250 m depth are andesite with propylitic type as reservoir zone, characteristic by occurence of epidot, zeolith, chlorite, quartz and others high altered minerals.

PENDAHULUAN

Pengeboran sumur landaian suhu SWW - 2 dilakukan pada bagian dari lengan utara Sulawesi, tepatnya di Dusun Buhaa, Desa Lombongo, Kecamatan Suwawa, Kabupaten Bonebolango, Provinsi Gorontalo. Secara geografis lokasi sumur landaian suhu SWW-2 terletak pada posisi 123° 10' 18,893" Bujur Timur dan 00° 32' 1,315" Lintang Utara. atau pada posisi koordinat UTM: X = 519129 mE dan Y = 58990 mN (zona UTM 51, N), dengan ketinggian 27 m di atas permukaan laut. Lokasi sumur landaian suhu SWW-2 terletak pada morfologi pedataran, yang merupakan daerah teras sungai Bone (Gb 1).

Sumur SWW-2 merupakan sumur dangkal kedua yang dibor di daerah panas bumi Suwawa. Ada perbedaan geologi dan ubahan hidrotermal antara sumur dangkal SWW-1 dan SWW-2. Ubahan pada sumur SWW-2 lebih lengkap mulai dari tipe ubahan argilik hingga tipe ubahan transisi/Phyllic. Litologi didominasi oleh endapan aliran lava berumur Tersier. Kemungkinan sistim reservoir antara sumur SWW-1 dan SWW-2 berbeda.

GEOLOGI

Geologi Permukaan

Hasil pemetaan geologi permukaan (Tim Penyelidikan Terpadu DIM, 2005) menunjukkan bahwa stratigrafi daerah panas bumi Suwawa dapat dibagi kedalam 6 satuan batuan (Gb 2);, urut-urutannya dari tua ke muda adalah : Satuan batuan lava Polohungo (Tml), Satuan batuan breksi tuf Taloggita (Tmbt), Satuan batuan granitik (Tmg), Satuan batuan breksi vulkanik Bongo (Qbv), Satuan batuan gamping terumbu/koral (Qgt) dan Satuan batuan aluvium (Qal).

Terdapat sedikitnya tiga buah sesar utama yang mengontrol pemunculan manifestasi panas bumi di daerah Suwawa yaitu sesar normal Lombongo, sesar normal Duano berarah barat laut tenggara sebagai pengontrol pemunculan manifestasi panas bumi kelompok Lombongo. Sesar normal Libungo berarah timur-barat sebagai pengontrol pemunculan manifestasi panas bumi Libungo.

Geologi Sumur

Hasil analisis megaskopis serbuk bor (cutting) dan inti bor (coring) sumur dangkal SWW-2, menunjukkan bahwa sumur ini disusun oleh (dari tua ke muda) andesit terubah (AT), endapan piroklastika (EP), breksi polimik (BP) dan endapan aluvial (Al).

Berikut ini adalah bahasan rinci mengenai litologi sumur SWW-2, dari tua ke muda (Tabel 1 dan Gb. 3)

Andesit Terubah (AT)

Ditemukan dari kedalaman 57,5 hingga kedalaman 250 m, batuan berwarna abu-abu hingga coklat kemerahan, kadang-kadang kehijauan, kristalin berbutir sedang hingga kasar, tekstur porfiritik, fenokris terdiri dari relik plagioklas, piroksen dan hornblende, tertanam dalam masa dasar mikrolit relik plagioklas, piroksen dan hornblende. Batuan andesit yang ditemukan di xdaerah ini diduga sebagai tubuh tua dari batuan vulkanik purba, kemungkinan berumur Tersier.

Endapan Piroklastika (EP)

Ditemukan mulai kedalaman 50m hingga kedalaman 57,5 m. Terdiri dari abu vulkanik (55-57,5 m), aliran piroklastika dengan fragmen batu apung (50-55 m). Tidak diketahui dengan jelas sumber asal batuan vulkanik ini. Kemungkinan merupakan batuan vulkanik tua berumur Tersier.

Endapan Aluvial (Al)

Batuan berwarna abu-abu kotor, terdiri dari bermacam-macam jenis batuan hasil pelapukan dari batuan yang lebih tua dalam berbagai ukuran mulai dari lumpur, pasir, krakal hingga bongkah. Batuan bersifat lepas (unconsolidated materials), terdiri dari andesit/diorit dan dasit/granodiorit serta material pasir lepas. Merupakan endapan teras sungai yang cukup tebal, bersifat poros dan permeable. Endapan aluvial ini ditemukan dari permukaan hingga kedalaman 40 m, endapan aluvial ini belum mengalami ubahan hidrotermal, tetapi beberapa fragmen batuan telah mengalami ubahan hidrotermal dengan intensitas lemah hingga kuat.

Struktur Geologi

Gejala struktur geologi pada sumur bor dapat diindikasikan dari adanya breksiasi, milonitisasi, adanya hilang sirkulasi pada lumpur pembilas (loss total/TLC atau loss sebagian/PLC), adanya driling break dan lain sebagainya.

Pada kedalaman 140-145 m dan 200 - 210 m ditemukan zona hancuran dan milonitisasi (Tim Pengeboran Suwawa, 2006). yang mencirikan zona stuktur pada batuan andesit. Diduga kedua lokasi kedalaman ini merupakan dua bagian segmen sesar dari sesar normal Duano (Gb. 4).

UBAHAN HIDROTEMAL SUMUR SWW-2

Pembentukan mineral ubahan hidrotermal pada sumur SWW-2 cukup bervariasi mulai dari mineral yang terbentuk pada temperatur rendah hingga temperatur tinggi (Tabel 2) Secara keseluruhan mineral ubahan hidrotermal terbentuk karena replacement dari mineral utama pembentuk batuan, sebagai vein dan vug.

Hasil analisis contoh batuan dari kedalaman 0-250 m menunjukkan bahwa pada sumur SWW-2 terdapat mineral-mineral ubahan dalam jumlah yang bervariasi terdiri dari mineral lempung, kalsit/karbonat, klorit, pirit, oksida besi, kuarsa sekunder, anhidrit, illit, zeolith, epidot dan biotit (Gb 3 dan Tabel 1).

Mineral Lempung (Cl), hadir pada semua kedalaman mulai dari 40 m hingga 250 m dalam jumlah yang bervariasi antara 2 hingga 30% dari total mineral ubahan pada batuan. Jenis mineral lempung adalah montmorilonit/smektit, berwarna kecoklatan, hijau muda hingga berwarna keputih-putihan. Hasil analisa PIMA menunjukkan kehadiran mineral montmorilonit, dikit, halosit, palygorskit dan biotit.

Klorit (Ch), pada sumur SWW-2 terdapat pada kedalaman mulai dari 40-57,5 m, 90-115 m, 120-190 m, 195-250 m dengan jumlah bervariasi antara 1-20% dari total mineral ubahan pada batuan.

Klorit di daerah ini terbentuk sebagai hasil replacement dan vein terdapat pada fluida hidrotermal bertemperatur tinggi berasosiasi dengan zeolith dan epidot, terutama mulai dari kedalaman 120m hingga kedalaman akhir (250 m).

Kalsit/karbonat (Ca), terdapat pada kedalaman yang terpisah yaitu pada kedalaman 90-95 m, 135-140 m, 165-180 m, 190-195 m, dan 205-250 m dalam jumlah relatif kecil/sedikit hingga banyak, bervariasi antara 1-20% dari total mineral ubahan pada batuan. Kalsit berwarna putih, terbentuk sebagai replacement dari mineral plagioklas dan masa dasar/matrik gelas vulkanik pada batuan. Sebagian terbentuk sebagai urat/vein dan pengisi rongga pada batuan (vug). Plateu kalsit ditemukan pada kedalaman 170-175 m dan 190-195 m, mencirikan terjadinya boiling point.

Kuarsa sekunder (SQ), terdapat pada kedalaman tertentu saja yaitu dari 40-50 m, 57,5-105 m, 110-205 m dan 210-250 m dalam jumlah bervariasi antara 1-5% dari total mineral ubahan pada batuan. Berwarna putih transparan, terbentuk sebagai pengganti/replacement dari mineral plagioklas

Oksida besi (IO), hadir dalam jumlah relatif banyak pada kedalaman mulai dari 40 m hingga 250 m dalam jumlah 2-60% dari total mineral ubahan pada batuan, umumnya berwarna coklat kemerahan. Oksida besi ditemukan juga sebagai vein.

Pirit (Py), hanya ditemukan pada beberapa kedalaman saja dalam jumlah relatif sedikit yaitu antara 1-5% dari total mineral ubahan pada batuan; kadang-kadang

terkonsentrasi dalam beberapa fragmen sebagai ubahan dari mineral hitam dan sebagai replacement dari mineral plagioklas. Mineral ini dijumpai pula sebagai urat-urat halus pengisi rekahan pada batuan atau kadangkala mengisi rongga (vugs) bersama-sama dengan kuarsa dan anhidrit. Pirit bukan sebagai mineral penunjuk temperatur tinggi, tetapi disini pirit hadir berasosiasi dengan mineral ubahan bertemperatur tinggi seperti zeolith dan epidot.;

Illit (Ill), terdapat secara merata pada 90 - 250 m dalam jumlah relatif kecil hingga sedang, 1-15% dari total mineral ubahan pada batuan. Terbentuk sebagai hasil replacement dari plagioklas dan masa dasar/matrik dari andesit terubah, dasitik terubah. Pada batuan yang permeabel illit dapat hadir dalam jumlah yang cukup banyak (Lawless, 1994).

Fluida yang mempengaruhi pembentukannya bersifat netral sampai agak asam dan dapat hadir pada temperatur 220-310 C di Filipina (Lawless, 1994).

Anhidrit (An), terdapat pada kedalaman mulai dari 40-205 m dan 210-250 m sebagai ubahan/replacement dari plagioklas piroksen. Terbentuk karena proses evaporasi.

Zeolit (Ze), terdapat pada kedalaman tertentu saja yaitu pada kedalaman 90-205 m, 210-250 m dalam jumlah relatif sedikit hingga sedang yaitu antara 1-15% dari total mineral ubahan pada batuan. Berwarna putih transparan, kadang-kadang belahannya membentuk kipas. Jenis zeolith kemungkinan laumontit dan wairakit. Zeolith menunjukkan pembentukannya oleh jenis fluida bersifat netral dengan temperatur relatif tinggi.

Epidot (Ep), ditemukan mulai pada kedalaman 120-250 m dalam jumlah relatif sedikit yaitu antara 1-5% dari total mineral ubahan pada batuan. Terdapat 3 macam pembentukan epidot yang dikenal pada sumur SWW-2 ini yaitu : epidot yang terbentuk sebagai replacement dari masa dasar dan plagioklas pada batuan andesit. epidot jenis ini terbentuk pada temperatur diatas 230 C (Lawless, 1994). epidot pada sumur SWW-2 ini juga terdapat sebagai urat (vein) pengisi rekahan pada batuan dan sebagai vug, pengisi rongga terutama pada andesit. epidot yang terdapat sebagai vein atau vug, terbentuk pada temperatur antara 260 - 280 C (Lawless, 1994).

Biotit, dari hasil analisa PIMA biotit ditemukan mulai dari kedalaman 100 m hingga 200 m dalam jumlah cukup banyak yaitu dari 52% hingga 61% dari total mineral ubahan.

Berdasarkan kehadiran mineral ubahan hidrotermal tersebut, maka dapat dipisahkan beberapa tipe ubahan (Gb. 4) yaitu :

Overburden : lapisan penutup yang belum dipengaruhi ubahan hidrotermal.

Tipe Argilik : ubahan hidrotermal yang didominasi oleh kehadiran mineral lempung yang terbentuk pada temperatur relatif rendah seperti montmorilonit, smektit, kaolinit, halosit dan mineral lempung lainnya. Tipe argilik ini berfungsi sebagai lapisan penudung (cap rock/clay cap).

Tipe Filik : tipe ubahan yang umumnya terdapat pada daerah transisi antara lapisan penudung dengan zona reservoir. Mineral ubahan hidrotermal pada tipe ini adalah mineral ubahan yang terbentuk pada temperatur relatif sedang hingga tinggi seperti ilit, klorit, kadang-kadang epidot, zeolith, kuarsa dan mineral lainnya.

Tipe Propilitik : Tipe ubahan yang mencirikan batuan reservoir, dicirikan oleh kehadiran mineral ubahan hidrotermal yang terbentuk pada temperatur relatif tinggi seperti klorit, kuarsa, epidot, biotit dan mineral ubahan lainnya.

Hasil pengukuran logging temperatur relatif sangat rendah dibanding temperatur pembentuk mineral ubahan yang ada. Dengan demikian dapat dikatakan mineral ubahan dan tipe ubahan pada sumur dangkal SWW-2 merupakan fosil hidrotermal, karena fluida hidrotermal pada sumur ini sudah tidak aktif lagi.

PEMBAHASAN

Stratigrafi sumur landaian suhu SWW-2 dibangun oleh satuan andesit terubah, endapan piroklastik dan endapan alluvial. Gejala struktur sesar ditemukan pada kedalaman 140-145 m dan 200-210 m berupa adanya zona hancuran dan milonitisasi. Kemungkinan sebagai bidang sesar duano dimana pergerakannya menimbulkan zona hancuran dan milonitisasi.

Mineral lempung bukan sebagai penunjuk temperatur tetapi pada beberapa laporan panas bumi di dunia seperti di New Zealand, Cerro Prieto, Filipina, Jepang, Iceland dan lapangan panas bumi lainnya mineral lempung jenis smektit dapat hadir pada temperatur antara 100-200 °C, montmorilonit terbentuk pada temperatur sekitar 140 °C. Anhidrit ditemukan stabil pada temperatur ± 140 °C (Brown, 1993; 1994).

Kalsit hanya terdapat pada kedalaman tertentu saja dalam jumlah relatif sedikit (1-15 %) terbentuk sebagai replacement dari mineral utama pembentuk batuan dan matrik/semen. Kalsit bukan merupakan mineral penunjuk temperatur, tapi dapat hadir dari temperatur rendah hingga temperatur 300 °C di New Zealand sedangkan di Filipina kalsit jarang ditemukan.

Oksida besi terdapat sebagai replacement dari mineral utama dan masasar/matrik pada batuan, sebagian sebagai vein. Pirit dapat hadir hingga temperatur lebih kecil dari 240 °C, yang menarik perhatian adalah kehadiran mineral ilit, zeolit, epidot dan biotit kesemuanya terbentuk pada temperatur relatif tinggi. Dari hasil pengukuran temperatur aktual (temperatur logging), tidak lebih dari 60°C, sedang dari beberapa literatur epidot sebagai replacement terbentuk pada temperatur 230°C dan sebagai vein serta vug terbentuk pada 260-280°C (Browne, 1970; Browne & Ellis, 1970).

Biotit (mineral sekunder) ditemukan dari kedalaman 100 m hingga 200 m (hasil analisa PIMA). Menurut Browne, 1994, biotit yang terbentuk di lapangan Tongonan (Filipina) terbentuk pada temperatur diatas 220 °C dan masih terdapat pada temperatur lebih dari 325 °C, Tabel 2 memperlihatkan distribusi mineral sekunder dengan temperatur pembentukannya.

Jika dilihat dari kehadiran biotit pada sumur SWW-2 di kedalaman 100 hingga 200 m, maka dapat dihubungkan dengan zona sesar yang terindikasi oleh adanya zona hancuran dan milonitisasi pada kedalaman 140-145 m dan pada 200-210 m. Kemungkinan fluida hidrotermal pada masa lampau keluar melalui zona rekahan ini, sehingga terbentuk mineral-mineral temperatur tinggi sepanjang zona sesar tersebut. Dapat ditafsirkan bahwa telah terjadi cooling down (penurunan/pendinginan temperatur mulai pembentukan biotit, epidot hingga saat ini, dapat dikatakan bahwa kehadiran biotit, epidot, zeolit dan ilit ini sebagai fosil hidrotermal. Kemungkinan fluida panas bumi yang membentuk mineral-mineral ubahan bertemperatur tinggi ini, mulanya naik ke permukaan hingga kedalaman yang dangkal, melalui rekahan-rekahan yang terbentuk akibat pergerakan struktur sesar normal Duano.

Jika dikemudian hari akan dilanjutkan dengan pemboran eksplorasi, maka sebaiknya dilakukan rekonstruksi sesar normal Duano dan Lombongo, sehingga dapat menempatkan lokasi sumur agar target pemboran dapat memotong sesar normal duano atau Lombongo pada batuan reservoir.

KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan pengeboran sumur landaian suhu sumur SWW-2, lapangan panas bumi Suwawa, Bonebolango, Gorontalo dapat disimpulkan beberapa hal berikut ini :

- Litologi sumur SWW-2 terdiri dari , endapan aluvial (0-50 m), endapan piroklastika (50-57,5 m) dan andesit terubah (57,5-250 m) . Struktur geologi hanya

dicirikan oleh adanya zona hancuran dan milonitisasi pada kedalaman 140-145 m dan 200-210 m, kedua zona hancuran dan milonitisasi tersebut merupakan sesar yang sama sebagai segmen sesar normal Duano.

- Mineral ubahan yang terdapat pada sumur SWW-2 terbentuk sebagai replacement dari mineral utama pembentuk batuan, sebagian sebagai urat-urat pengisi rekahan pada batuan dan sebagai vug. Keseluruhan mineral ubahan tersebut sebagai fosil hidrotermal.
- Telah terjadi penurunan temperatur fluida panas bumi sejak pembentukan mineral temperatur tinggi hingga kondisi sumur saat ini
- Batuan dari kedalaman 0 - 57,5 m bersifat sebagai lapisan penutup atau overburden. Dari kedalaman 57,5

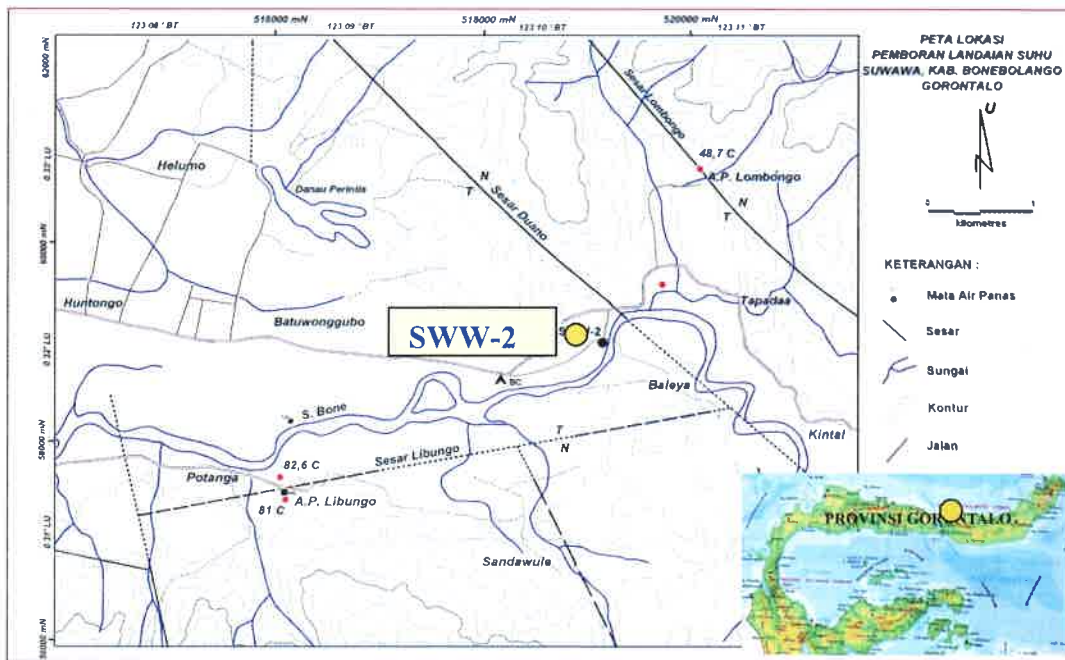
90 m merupakan andesit terubah dengan tipe ubahan argilik berfungsi sebagai batuan penutup panas (cap rock/clay cap). Batuan dari kedalaman 90 - 125 m adalah andesit sebagai zona transisi dan zona propilitik pada kedalaman 125 - 250 m sebagai zona reservoir.

UCAPAN TERIMAKASIH

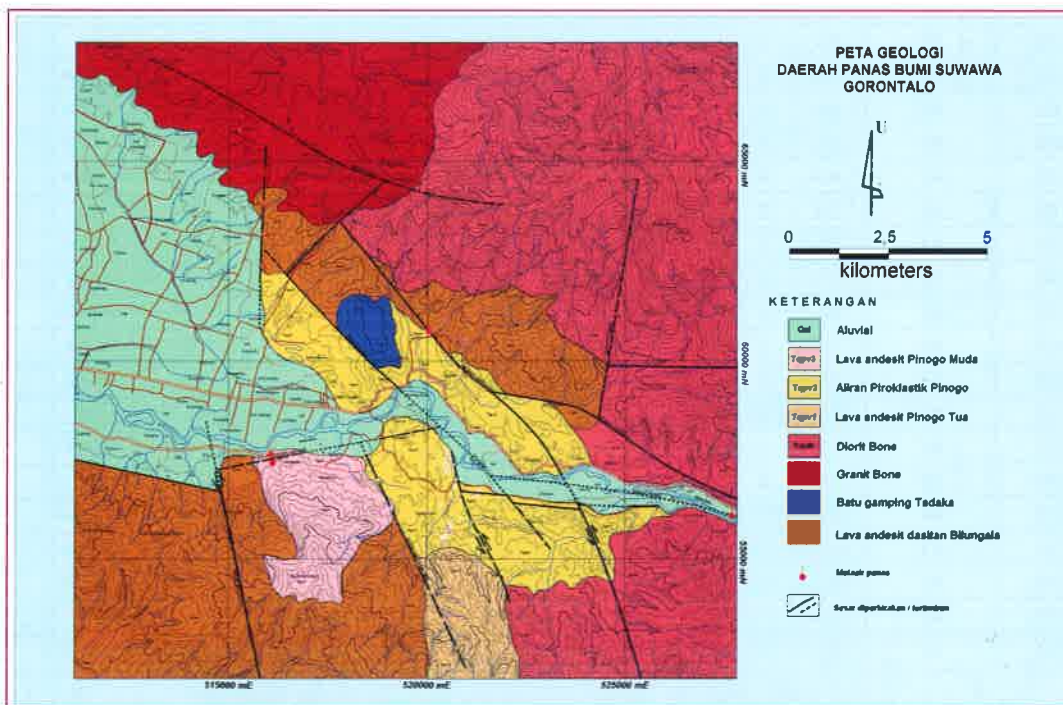
Terimakasih kami sampaikan kepada Dewan Redaksi atas kesempatan yang diberikan hingga tulisan ini dapat dimuat dalam buletin Sumber Daya Geologi edisi ini. Terimakasih juga buat tim editor yang telah mengoreksi tulisan ini hingga isi dan kekurangan-kekurangan dalam tulisan ini dapat diperbaiki, semoga dapat bermanfaat.

ACUAN

- Browne, P.R.L. and Ellis, A.J. 1970. The Ohaki Broadlands Hydrothermal Area, New Zealand; Mineralogy and Associated Geochemistry, *American Journal of Science* 269: 97 h.131
- Browne, P.R.L., 1970. Hydrothermal Alteration as an aid in investigating Geothermal fields, *Geoth. Special issue*
- , 1993. Hydrothermal Alteration and Geothermal System, Lecture of geothermal student, University of Auckland, NZ
- , 1994. An introduction to Hydrothermal Alteration, *Geothermal System and Technology Course*, 15 Augustus - 2 Sept 1994, Pertamina in Cooperation with Uniservices of University of Auckland and Yayasan Patra Cendekia, Cirebon, Jawa barat
- Lawless, J.V., White, B.J. and Bogie, I., 1994. Important Hydrothermal Minerals and Their Significance. h 1-30, Kingston Morrison, Fifth edition.
- Tim Pengeboran Suwawa, 2006. Laporan pengeboran sumur landaian suhu SWW-1 lapangan panas bumi Suwawa, Kabupaten Bonebolango, Gorontalo. Laporan PMG, tdk dipubl.
- Tim Pengeboran Suwawa, 2006. Laporan pengeboran sumur landaian suhu SWW-2 lapangan panas bumi Suwawa, Kabupaten Bonebolango, Gorontalo. Laporan PMG, tdk dipubl.
- Tim Penyelidikan Terpadu, 2005. Laporan Penyelidikan Terpadu Geologi, Geokimia dan Geofisika, Daerah Panas Bumi Suwawa, Kabupaten Bone Bolango, Gorontalo. Laporan Subdit. Panas Bumi, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral. Tdk dipubl.



Gambar 1. Lokasi Sumur Dangkal SWW-2, Lapangan Panas Bumi Suwawa, Bonebolango, Gorontalo (Modifikasi dari Tim Penyelidikan Terpadu DIM, 2005)

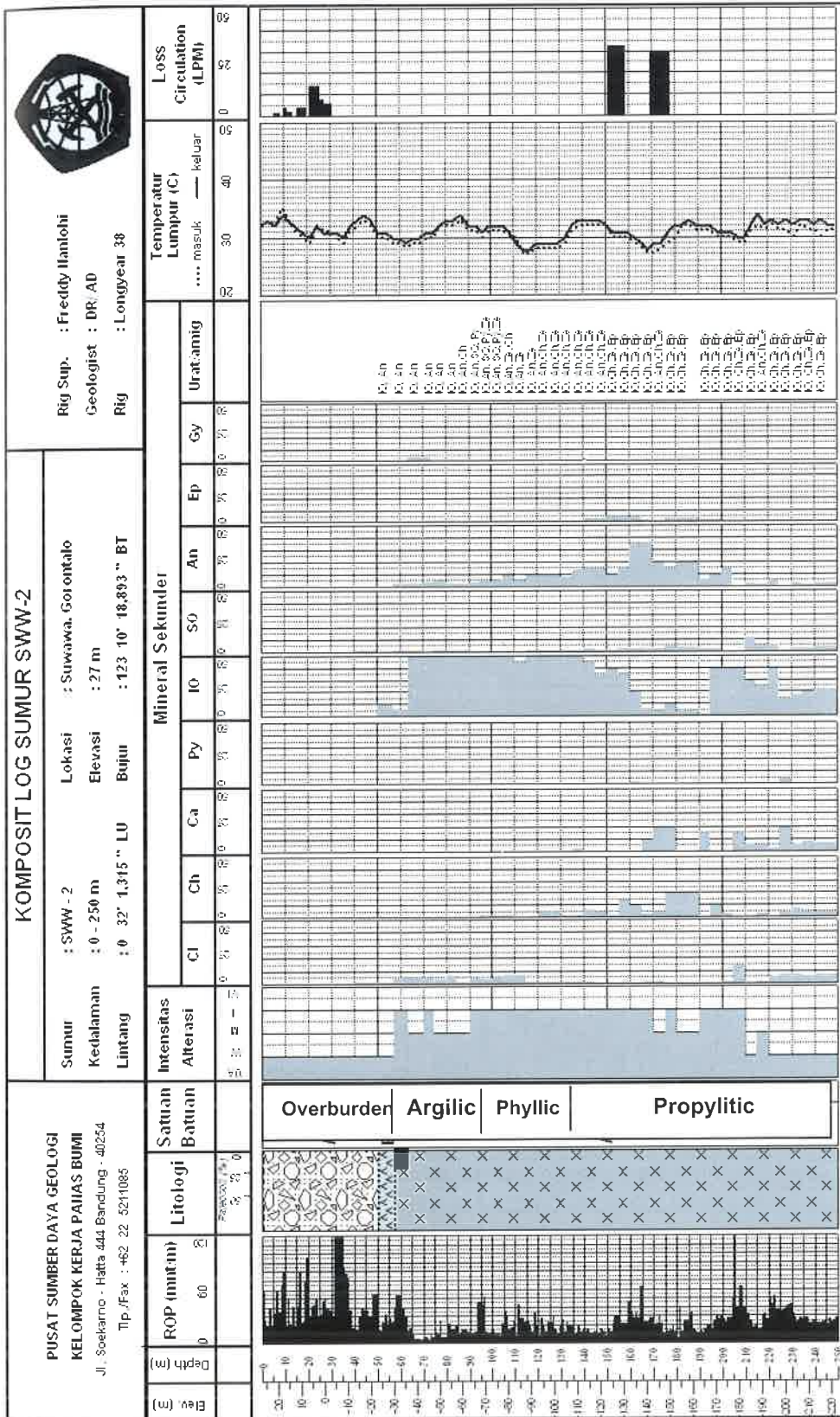


Gambar 2. Peta Geologi Daerah Panas Bumi Suwawa, Bonebolango, Gorontalo (Sumber : Tim Penyelidikan Terpadu DIM, 2005)

Tabel 1, Distribusi Mineral Ubahan (%) Sumur Landaian Suhu SWW-2 Lapangan Panasbumi Suwawa Bonebolango- Gorontalo

KEDALA MAN (m)	LITOLOGI	SM/TM	Cl	Ca	Ch	Py	IO	SQ	An	Il	Ze	Ep	URAT /	Sw /St/P/ BP
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	AMIG.
0 - 40	AI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40 - 50	BPT	20	5	-	1	1	10	2	1	-	-	-	-	-
50 - 57,5	EP	15	5	-	1	1	7	-	1	-	-	-	IO, An	Sw=5, P=5
57,5 - 64	AT	75	10	-	-	-	60	2	3	-	-	-	IO, An	Sw=5 BP=25;
64 - 70	AT	70	10	-	-	-	55	2	3	-	-	-	IO, An	BP=15
70 - 75	AT	75	10	-	-	-	60	1	4	-	-	-	IO, An	BP=20
75 - 80	AT	70	8	-	-	-	55	2	5	-	-	-	IO, An	BP=15
80 - 85	AT	70	15	-	-	-	50	2	3	-	-	-	IO, An	BP=30
85 - 90	AT	70	4	-	1	-	60	2	3	-	-	-	IO, An,Ch	BP=25
90 - 95	AT	75	10	1	1	1	55	1	4	1	1	-	IO, An,SQ,Py	BP=15
95 - 100	AT	80	8	-	2	1	60	1	5	1	2	-	IO,An,SQ,Py,Ze	BP=15
100 - 105	AT	80	10	-	2	1	58	1	5	1	2	-	IO,An,SQ,Py,Ze	BP=25
105 - 110	AT	75	14	-	2	1	45	-	10	1	2	-	IO,An,Ze,Ch	-
110 - 115	AT	75	15	-	1	1	50	1	5	1	1	-	IO,An,Ze	-
115 - 120	AT	75	5	-	-	1	55	2	10	1	2	-	IO, An,Ze	-
120 - 125	AT	80	5	-	5	-	50	2	10	1	5	1	IO, An,Ch,Ze	-
125 - 130	AT	80	4	-	5	1	50	2	10	1	6	1	IO, An,Ch,Ze	-
130 - 135	AT	80	5	-	2	-	55	2	9	1	5	1	IO, An,Ch,Ze	-
135 - 140	AT	75	4	3	2	1	45	2	14	1	2	1	IO, An,Ch,Ze	-
140 - 145	AT	75	5	-	7	-	35	3	15	1	5	3	IO, An,Ch,Ze	-
145 - 150	AT	80	3	-	5	1	40	2	15	1	8	4	IO, An,Ch,Ze	-
150 - 155	AT	75	3	-	2	1	35	2	10	2	15	5	IO, An,Ch,Ze,Ep	-
155 - 160	AT	80	3	-	15	2	20	3	15	2	15	5	IO, An,Ch,Ze,Ep	-
160 - 165	AT	80	3	-	10	-	7	3	35	2	15	5	IO, An,Ch,Ze,Ep	-
165 - 170	AT	80	5	10	3	-	5	3	35	2	15	2	IO, An,Ch,Ze,Ep	-
170 - 175	AT	70	5	20	4	-	10	3	20	1	6	1	IO, An,Ch,Ze	-
175 - 180	AT	75	3	20	20	-	5	5	15	2	3	3	IO, An,Ch,Ze,Ep	-
180 - 190	AT	70	3	-	20	1	2	4	20	1	15	4	IO, An,Ch,Ze,Ep	-
190 - 195	AT	80	2	15	-	-	40	3	7	1	10	2	IO, An,Ch,Ze,Ep	-
195 - 200	AT	75	2	-	10	-	40	3	10	1	7	2	IO, An,Ch,Ze,Ep	-
200 - 205	AT	85	5	-	3	-	40	1	15	15	5	1	IO, An,Ch,Ze,Ep	-
205 - 210	AT	80	30	15	1	1	30	-	-	2	-	1	IO, Ch,Ze,Ep	-
210 - 215	AT	65	3	7	1	1	25	12	3	2	10	1	IO, AnSQ,Ch,Ze,Ep	-
215 - 220	AT	70	4	5	3	1	40	5	2	1	8	1	IO, An,Ch,Ze	-
220 - 225	AT	60	13	3	1	5	15	7	5	2	8	1	IO, SQ,An,Ch,Ze	-
225 - 230	AT	65	15	20	5	-	18	2	1	1	2	1	IO, An,Ch,Ze,Ep	-
230 - 235	AT	60	15	7	8	-	20	3	3	1	2	1	IO, An,Ch,Ze,Ep	-
235 - 240	AT	60	13	9	5	1	23	3	2	1	2	1	IO, Ch,Ze,Ep	-
240 - 250	AT	60	14	8	5	1	20	4	3	2	2	1	IO, AnSQ,Ch,Ze,Ep	-

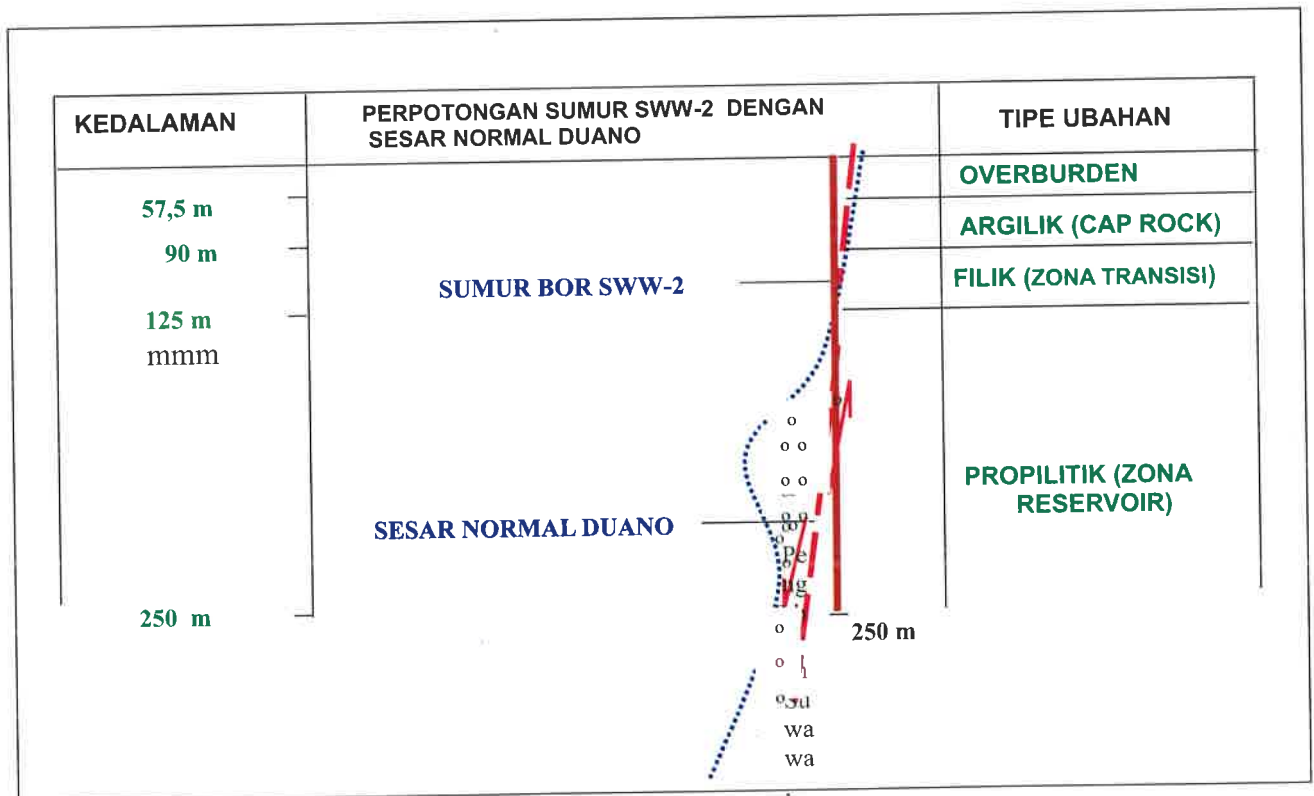
Keterangan : AI = Alluvial; BP=Breksi Polimik Terubah Lemah-Tdk Terubah; BPT=Breksi Polimik Terubah Sedang-Sangat Kuat SM/TM=Perbandingan mineral ubahan thd total mineral dalam batuan; Cl=mineral lempung; Ca=kalsit; Ch=klorit Py=pirit; IO=Oksida besi; SQ=Kuarsa sekunder; An=anhydrite ;Il=Illit; Ze=Zeolit; Ep=Epidot; Sw=Swelling Clay; St=Sticky clay; P=Paleosoil; BP= Brittle Paleosoil



Gambar 3. Composite Log Sumur SWW-2, Lapangan Panas Bumi Suwawa, Bonebolang-Gorontalo

Tabel 2. Mineral Ubahan Vs Temperatur Pada Sumur SWW-2 Lapangan Panas Bumi Suwawa, Bonebolango, Gorontalo. (Berdasarkan Lawless et.al, 1994)

Mineral Ubahan	Temperatur (° C)		
	100	200	300
Montmorilonit	[Dotted line from 0 to 200]		
Smektit	[Solid line from 0 to 200]		
Ilit	[Dotted line from 200 to 300]		
Kalsit	[Solid line from 0 to 300]		
Klorit	[Dotted line from 0 to 300]		
Epidot	[Dotted line from 200 to 300]		
Biotit	[Dotted line from 250 to 300]		



Gambar 4. Sketsa Perpotongan sumur SWW-2 dengan sesar normal Duano dan tipe ubahan hidrotermal pada sumur dangkal SWW-2, Lapangan Panas Bumi Suwawa, Bonebolango - Gorontalo.

PEMBENTUKAN KIPAS ALUVIAL DI DAERAH SINUNUKAN, KECAMATAN BATANG NATAL, KABUPATEN MANDAILING NATAL PROVINSI SUMATERA UTARA

Oleh

Mangara P. Pohan

Penyelidik Bumi Madya, Kelompok Program Penelitian Konservasi
Pusat Sumber Daya Geologi

S a r i

Keterdapatannya emas aluvial di Desa Sinunukan, Kecamatan Batang Natal, Kabupaten Mandailing Natal, Sumatera Utara telah diketahui sejak dahulu. Penambangan oleh rakyat maupun perusahaan, umumnya dilakukan pada endapan tipe rombakan, endapan pantai, dan endapan undak.

Interpretasi dari peta geologi dan foto udara, diperkirakan di daerah ini terdapat endapan kipas aluvial, dimana endapan ini merupakan endapan yang berpotensi membawa mineral berharga seperti emas.

Untuk mengetahui potensi mineral dan tipe endapan tersebut, dilakukan pemboran dengan menggunakan bor Bangka di daerah ini. Walaupun pemboran tidak mencakup seluruh daerah, akan tetapi data yang diperoleh cukup memberikan suatu informasi geologi bawah permukaan. Dari hasil pemboran, dapat diketahui pada bagian baratdaya blok penyelidikan lapisan kerikil dan kerakal berbentuk "subroundedround", berukuran < 5 cm mempunyai ketebalan antara 4 - 8 m didominasi oleh batuan beku (andesit), dan batuan ubahan, setempat ditemukan batuan tersilisifikasi. Kearah timurlaut ukuran fragmen membesar menjadi sekitar 5 cm-14 cm. Adanya lapisan lumpur, lempung, pasir, kerikil atau kerakal yang membentuk lapisan berselang-seling akibat pengendapan yang berulang-ulang, merupakan khas tipe Water Laid Deposits.

Hasil pemetaan topografi, "top grave", "isopach gravel", dan "isograde", dapat memperkuat dugaan bahwa di daerah ini terdapat suatu endapan kipas aluvial

Dari data tersebut dapat diperkirakan, bahwa dahulu ada suatu aliran massa dan membentuk kipas aluvial, dimana hulu dari aliran massa berada pada bagian timurlaut daerah kajian. Pembentukan kipas aluvial di daerah ini diperkirakan berasal dari aliran Batang Natal yang terjadi pada Zaman Plistosen - Awal Holosen pada saat air laut lebih rendah 50 m-100m dari permukaan laut sekarang, dan iklim saat itu "arid" dan "semiarid". Kemudian sesudah permukaan laut naik yang diperkirakan pertengahan Holosen, endapan kipas aluvial tersebut tertutup oleh pasir, lempung dan gambut yang merupakan hasil endapan genang laut.

Abstract

The occurrence of alluvial gold deposit at Sinunukan Village, Batang Natal Subdistricts, Mandailing Natal Regency, North Sumatera Province, has been known since a quite long time ago. Mining activities which have been running either by local people or private/state companies are generally conducted at detrital, coastal, and terrace deposits.

From interpretation of geologic map and aerial photograph it is predicted that there is an occurrence of alluvial fan at this area which forming that of potential deposit containing valuable mineral such as gold.

To find out the type of deposit and potency of valuable mineral, Bangka drilling was conducted at this area. Although the coverage of drilling was not through the whole deposit area, but with the data in hand, it can be obtained subsurface geological information available. From interpretation of drilling sections it can be known that at the southwest block of investigated area it was found a layer of subrounded-rounded gravels and pebbles of < 5 cm in size with thickness in between 4-8 m dominated by andesite and altered rocks as well as locally silicified rock, whereas to the northeast of the area the fragment sizes getting coarser up to around 5-14 cm. Layer of mud, clay, sand and gravel or pebble forming that of cross bedding due to repetition of deposition as a typical of Water Laid Deposits. Interpretation also conducted with the use of topographic, top gravel, gravel isopach, and isograde maps.

From these data it can be predicted that the upstream part of the mass flow of this area is located at the northeast side while for the forming of the alluvial fan of this area inferred to come from Batang Natal flow in the Period of Pleistocene-Early Holocene when the sea level was 50 m lower than that of the recent sea level and the climate condition was arid and semi arid. After rising of the sea level predicted to be in the Mid of Holocene, the alluvial fan deposit then covered with sand, clay and peat being a product of transgression deposition.

PENDAHULUAN

Lembah Batang Natal dapat diklasifikasikan sebagai suatu watershed placers (lembah endapan letakan?), dimana endapan kerikil di daerah ini berasal dari proses fluvio-colluvial, yang menyebabkan lembah ini kaya akan emas. Daerah Natal dan Sinunukan menerima penyebaran batu kerikil auriferous dari lembah ini, dan membentuk 4 jenis endapan emas aluvial, salah satunya adalah endapan kipas aluvial yang terdapat di utara Desa Sinunukan. Terbentuknya endapan kipas aluvial di daerah ini diperkirakan hasil dari kegiatan aliran Batang Natal pada Zaman Plistosen dan Awal Holosen yang saat itu beriklim arid dan semi arid, dimana kondisi seperti itu memungkinkan terjadinya badai kuat disertai hujan deras dalam waktu yang singkat dan berulang-ulang.

Hasil pemboran yang dilakukan di daerah ini, dan hasil interpretasi morfologi, topografi, peta isopach gravel dan isograde dapat memperkuat dugaan tersebut.

GEOLOGI

Secara geologi regional daerah Sinunukan bagian utara disusun oleh batuan gunungap tak terbedakan, terutama lapisan gunungapi yang tidak menunjukkan bekas pusat gunungapi (Tmv), dan aluvium pasir kerikil dan lanau (Qh) (gambar 1). Pada pemetaan geologi Kuarter, daerah ini dimasukan kedalam tipe Endapan Holosen (kerikil, kerikil

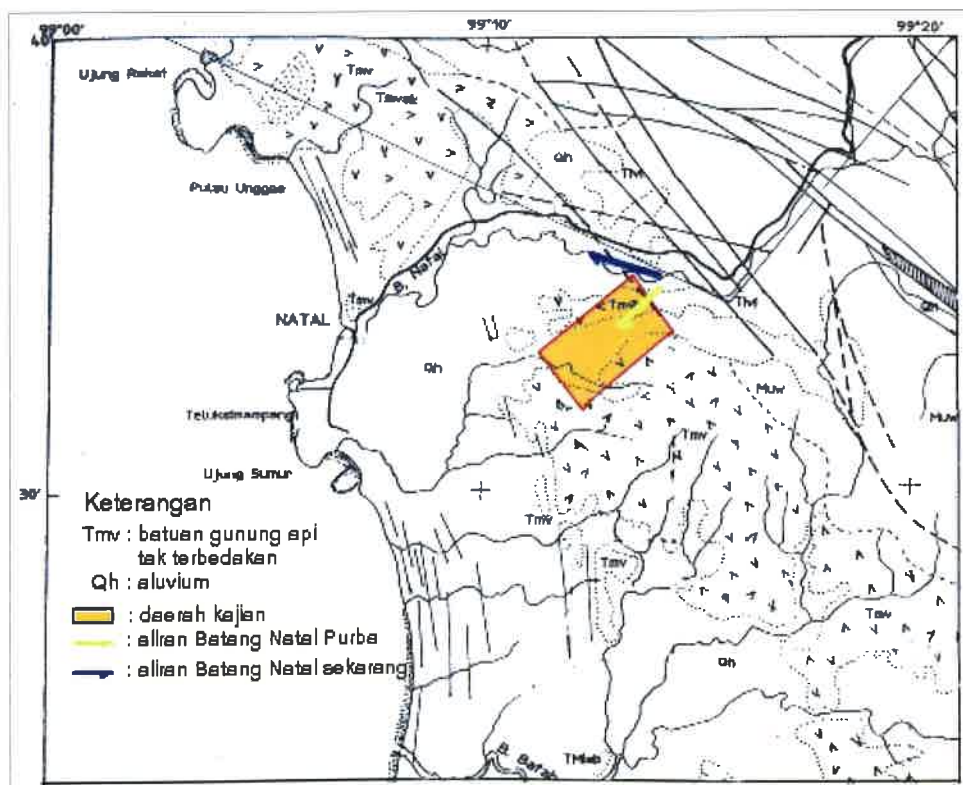
pasiran pasir, dan lempung), dan kearah barat endapan ini terdiri dari pasir lempungan dan gambut (Said Aziz, 1996).

ENDAPAN KIPAS ALUVIAL

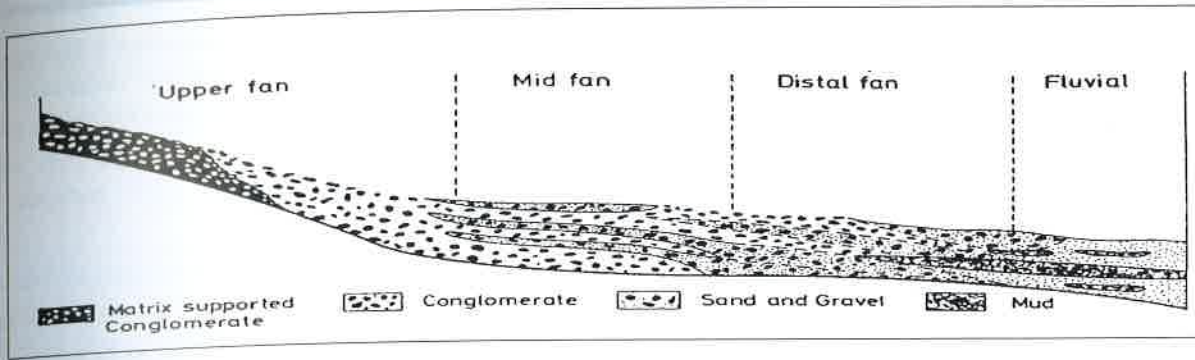
Endapan kipas aluvial adalah suatu tubuh berbentuk kipas (setengah kerucut) terbentuk dari material sedimen rombakan berbutir halus sampai kasar (bongkah), tersortir buruk, ditandai dengan perubahan material secara cepat sejak muatan aliran yang besar muncul dari ketinggian, dan mengalir ke suatu dataran. Umumnya endapan kipas aluvial terbentuk oleh aliran sungai di pegunungan pada pegunungan muka yang mempunyai kemiringan curam, dan dengan tiba-tiba menjadi suatu kemiringan yang landai.

Kipas aluvial ditemukan berasosiasi dengan bermacam-macam lingkungan, tergantung kepada kondisi topografi dan iklim. Asosiasi yang sangat umum adalah dengan lingkungan fluvial, dimana kipas aluvial berasosiasi dengan endapan *braided river* di daerah pegunungan. Sudut kemiringan kipas aluvial jarang melebihi 10 umumnya diantara 3 s/d 6, radius dari kipas aluvial bervariasi dari beberapa ratus meter sampai 100 km lebih.

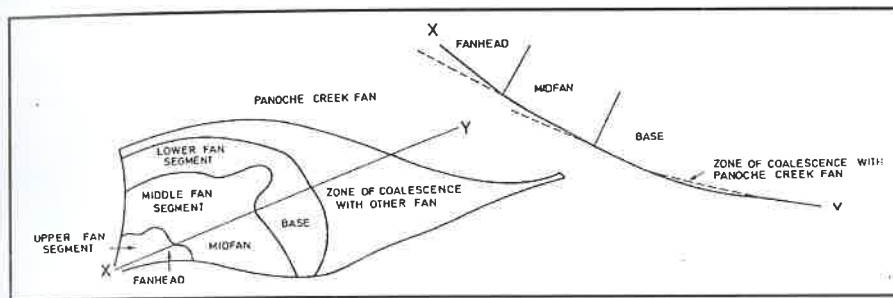
Material kasar umumnya tersortir buruk, dan terkonsentrasi pada bagian atas kipas. Ukuran butir menurun secara cepat ke arah bawah kipas dan kebundaran serta ukuran fasies halus bertambah ke arah bawah (gambar 1). Endapan ini umumnya membentuk *graded bedding*.



Gambar 1. Peta geologi regional dan arah aliran Batang Natal (Rock, N. M. S., dkk, 1983)



Gambar 2. Distribusi lithofacies suatu kipas aluvial (McGoven dan Groat, 1971 dalam Reineck., H. E., 1980)



Gambar 3. Pembagian zona pada kipas aluvial (Blissenbach, 1954)

Tempat dimana sungai muncul dari pegunungan, dan tempat ketinggian tertinggi pada kipas aluvial disebut : apex.

Blissenbach, 1954 (dalam Reineck., H. E., 1980) membedakan 3 zona pada kipas aluvial (gambar 2) :

- a) *Fanhead* (upper fan segmen), daerah kipas aluvial yang dekat dengan apex;
- b) *Midfan*, bagian tengah kipas aluvial;
- c) *Base*, bagian terbawah kipas aluvial.

Evolusi dan bentuk kipas aluvial dikontrol oleh iklim, lithologi dan lingkungan tektonik. Bull, 1964 (dalam Reineck., H. E., 1980) mengatakan lithologi dari sumber material batuan adalah faktor pengontrol utama untuk bentuk, dan ukuran kipas aluvial. Apabila sumber batuan nya batulempung dan serpih, kipas aluvial lebih tinggi/curam dan besarnya 2x lebih lebih besar dari kipas yang bersumber dari batupasir.

1. Kondisi yang mempengaruhi pembentukan kipas aluvial

Pembentukan, pengendapan, dan terpeliharanya endapan kipas aluvial dipengaruhi oleh :

- Kondisi daerah dimana kegiatan tektoniknya aktif, adanya patahan-patahan yang berkembang sepanjang rangkaian pegunungan sehingga dasar cekungan-cekungan belum setabil, dan dapat menurun setiap saat;
- Kondisi dimana adanya perubahan lereng secara tiba-tiba, dan aliran air yang membawa endapan atau material terjadi sesaat-sesaat. Kejadian ini mungkin merupakan suatu hasil suatu badai pada saat iklim kering.

1. Potensi endapan kipas aluvial

Dari beberapa tipe pengendapan aluvial, endapan kipas aluvial merupakan salah satu dari endapan aluvial dalam lingkungan fluvial dimana endapan ini dapat mengandung mineral ekonomis. Beberapa endapan kipas aluvial dapat ditambang secara langsung, akan tetapi dalam banyak hal dibutuhkan pengetahuan untuk mengetahui konsentrasi endapan ekonomis yang terbentuk. Beberapa tambang emas terkenal seperti tambang Witwatersrand memberikan kurang lebih 55% dari produksi emas dunia, adalah merupakan tambang emas aluvial dari tipe endapan kipas aluvial.

Disebabkan oleh sifat emas yang erratic maka konsentrasi emas di endapan kipas aluvial sangat tidak teratur, hal ini juga disebabkan oleh pengendapan material yang berulang-ulang. Konsentrasi mineral berat sering terjadi pada bagian tengah kipas mid fan atau bagian atas kipas upper fan.

Untuk menjamin terbentuknya endapan aluvial yang ekonomis, suatu mineral harus mempunyai 4 sifat utama :

- ♦ Mempunyai berat jenis yang tinggi untuk dapat memisahkan dari mineral-mineral ringan yang tidak berharga;
- ♦ Mempunyai kesetabilan kimia pada zona oksidasi;
- ♦ Mempunyai sifat fisik-daya tahan yang mampu menahan perubahan pengendapan yang berulang-ulang;

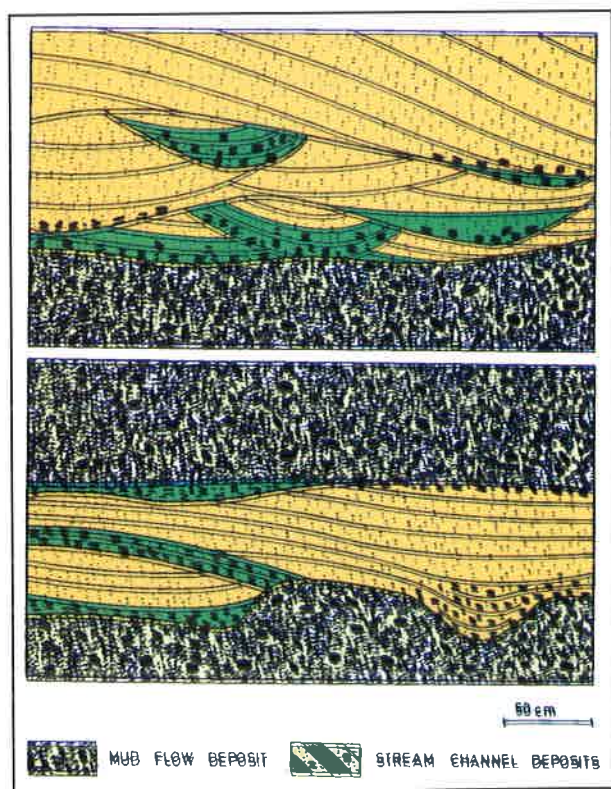
- ♦ Butiran emas mempunyai bentuk dimensi yang sama (mineral-mineral yang berbentuk pipih akan sulit terkonsentrasi walaupun mempunyai berat jenis yang tinggi).

INTERPRETASI TERBENTUKNYA ENDAPAN KIPASALUVIAL DI DAERAH SINUNUKAN

Lembah Batang Natal merupakan bagian dari sayap barat Pegunungan Bukit Barisan, dan merupakan jalur magmatik dimana kegiatan tektonik sangat aktif sehingga merupakan tempat yang ideal untuk pembentukan kipas aluvial.

Pada Plistosen dan awal Holosen permukaan air laut lebih rendah 50 m - 100 m dari permukaan laut sekarang (Tjia dan Fuji 1990, dalam Said Aziz, 1966) dan saat itu kondisi beriklim *arid* dan semi *arid*, kondisi ini memungkinkan terjadinya badai kuat disertai hujan deras dalam waktu yang singkat dan berulang-ulang.

Pada saat itu daerah Sinunukan merupakan daratan, aliran sungai di pegunungan saat itu membawa material-material rombakan ke dataran Sinunukan, dan keluar melalui celah-celah di pegunungan dengan waktu yang sesaat-sesaat. Keadaan tersebut menyebabkan pengendapan sedimen yang terjadi tidak menerus, dan terjadi berulang-ulang, keadaan ini merupakan suatu keadaan yang memungkinkan terbentuknya kipas aluvial.



Gambar 4. Struktur cross-bedding dari endapan kipas aluvial. Aliran lumpur dan Stream Channel Deposits saling menutupi (McGoven dan Groat, 1971 dalam Reineck., H. E., 1980)

Pada lembah Batang Natal, aliran S. Batang Natal merupakan aliran yang menampung material-material tersebut dan mengalirkannya ke daerah lebih rendah melalui celah-celah lembah sempit, salah satunya pada lembah Sinunukan sehingga membentuk suatu endapan kipas aluvial.

Diperkirakan pertengahan Holosen air laut mulai naik, sehingga daerah ini ditutupi oleh pasir, lempung, dan gambut yang merupakan hasil endapan genang laut. Tinggi air laut saat itu lebih tinggi dari permukaan laut saat ini, keadaan tersebut terjadi sekitar 4000 tahun BP.

Endapan kipas aluvial di daerah ini dapat dimasukan pada tipe *Water Laid Deposits* dimana pengendapan yang diikuti oleh aktifitas aliran lumpur dan pembentukan Stream Channel Deposits : endapan berbentuk lensa, pasir dan kerakal-kerikil tersortir buruk, membentuk cross-bedding (gambar 4).

Untuk memperkuat perkiraan telah terbentuk suatu endapan kipas aluvial di daerah Sinunukan, interpretasi dilakukan dengan menggunakan peta rupa bumi *Global Mapper*, dan kegiatan yang dilakukan di daerah ini :

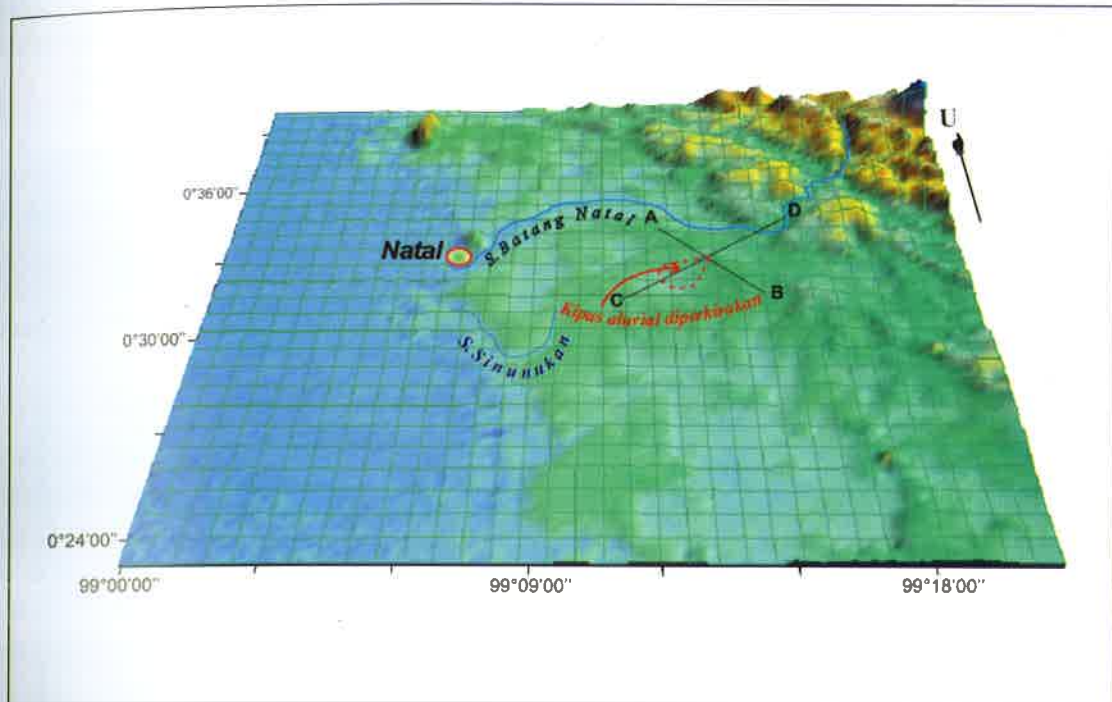
a. Pengamatan morfologi

Daerah ini dapat diinterpretasikan suatu lembah tua atau celah dari aliran Batang Natal purba yang membentuk Sungai Sinunukan yang ada saat ini. Selama Holosen Awal aliran Batang Natal belum membentuk aliran seperti saat ini, aliran mengarah ke baratdaya menerus ke Sungai Sinunukan. Saat itulah terbentuknya endapan kipas aluvial, dimana aliran Batang Natal keluar dari celah pegunungan. Akibat kegiatan tektonik terjadi pengangkatan, dan terjadi patahan, maka aliran Batang Natal berubah arah dari arah aliran ke baratdaya berbelok ke arah barat mencari daerah yang lebih lemah (gambar 1 dan gambar 4).

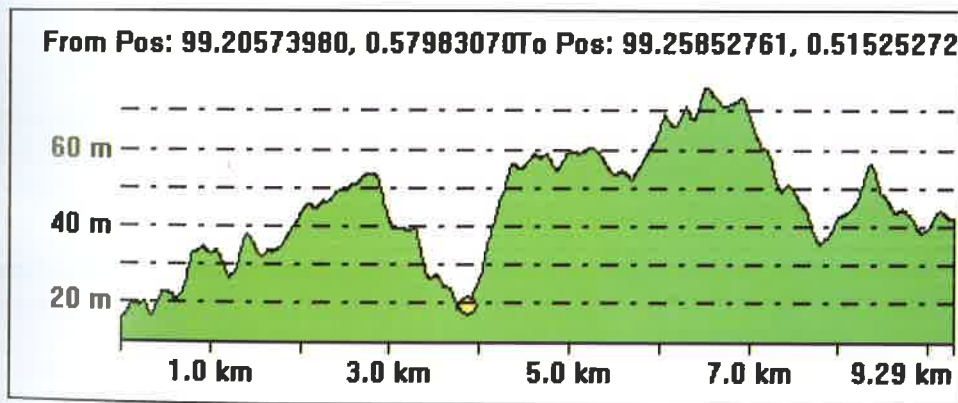
Gambar 5, penampang AB memotong lembah Sinunukan, dan memperlihatkan celah tempat keluarnya massa material yang dibawa oleh Batang Natal purba. Penampang C-D (gambar 7), memperlihatkan suatu topografi lembah dengan puncak-puncak bukit yang diperkirakan terbentuk akibat kegiatan tektonik, menyebabkan aliran Batang Natal berbelok ke arah baratlaut. Sebelum terjadi kegiatan tektonik, aliran Batang Natal mengalir dari ketinggian di daerah timurlaut ke arah baratdaya membawa material, terendapkan di daerah pedataran, dan membentuk kipas aluvial

b. Topografi

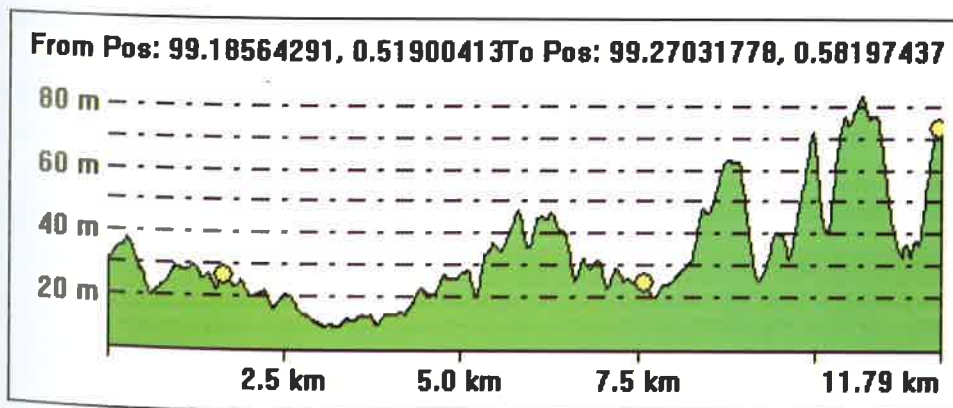
Peta topografi : daerah timur daerah kajian memperlihatkan daerah yang lebih tinggi dari daerah baratdayanya. Hal ini dapat menandakan adanya suatu bentuk lereng yang dapat menjadi media untuk aliran masa dari timurlaut ke arah baratdaya (gambar 8).



Gambar 5. Interpretasi daerah dimana endapan kipas aluvial terbentuk (data DEM diproses menggunakan surfer 8 dan Corel 12)



Gambar 6. Penampang A B



Gambar 7. Penampang C D

c. Pemboran

Dari 530 jumlah pemboran, dilakukan dengan interval titik bor 25 m (untuk pemboran detail) dan 50 m, dan jarak tiap lintasan 50 m dan 100 m. Dari kegiatan pemboran ini dibuat beberapa peta dan penampang lobang bor. Lokasi titik bor dapat dilihat pada gambar 9.

Dari hasil pemboran, secara umum daerah kajian terdiri dari lapisan humus (0-7 meter), lempung (0-5,5 meter) yang

menutupi lapisan fraksi kasar, berupa pasir, pasir lempungan, pasir kerikil kerakalan mengandung lempung dan pasir kerikil kerakalan dengan ketebalan berkisar 2 - 8 meter. Semakin ke arah barat laut kondisi lapisan menunjukkan urutan ideal yaitu susunan butiran yang menghalus keatas (gravel - pasiran - lempung).

Berdasarkan data ketebalan fraksi kasar yang bervariasi bisa diinterpretasikan arah dari aliran massa aluvial. Pada bagian timurlaut daerah kajian, lapisan gravel berukuran 514 cm berbentuk subrounded dengan ketebalan berkisar antara 4 - 8 m didominasi oleh batuan beku (andesit), dan batuan ubahan, setempat ditemukan silisifikasi. Ke arah barat laut ketebalan fraksi kasar agak berkurang berkisar antara 2 - 6 m. Dari data tersebut, diperkirakan bagian hulu dari aliran massa di daerah ini berada pada bagian timurlaut. Gambar 10, memperlihatkan salah satu penampang bor dimana lapisan lumpur, lempung, pasir, kerikil atau kerakal membentuk lapisan berselang-seling, akibat pengendapan yang berulang-ulang merupakan khas tipe Water Laid Deposits.

d. Peta top gravel

Data peta top gravel di peroleh dari data bor, dengan cara menentukan lapisan gravel yang teratas pada setiap titik bor.

Peta top gravel memperlihatkan bagian timurlaut lebih tinggi dari pada daerah baratdaya, dapat diinterpretasikan daerah timurlaut merupakan bagian fanhead dari kipas aluvial (gambar 11).

e. Peta isopach gravel

Ketebalan gravel diperoleh dari setiap penampang bor, dengan nilai ketebalan yang diperoleh dibuat peta isopach gravel.

Dapat dilihat bahwa ketebalan gravel semakin besar ke arah baratdaya dan penyebarannya semakin meluas (gambar 12).

f. Peta isograde

Data kandungan emas diperoleh dari kekayaan setiap lobang bor, dan dari data tersebut dibuat peta isograde.

Kandungan emas terlihat terkonsentrasi pada bagian tengah dengan kandungan emas mencapai $> 250 \text{ mg/m}^3$, dan berangsur-angsur berkurang ke arah baratdaya. Hal ini merupakan ciri dari konsentrasi mineral berat pada endapan kipas aluvial (gambar 13).

KESIMPULAN

1. Daerah lembah Batang Natal merupakan bagian dari Pegunungan Bukit Barisan yang merupakan jalur tektonik yang sangat aktif sehingga merupakan daerah yang ideal untuk pembentukan endapan kipas alluvial.
2. Hasil pemboran, bentuk morfologi, pembuatan peta top gravel, isopach gravel, dan isograde dapat memperkuat interpretasi terdapatnya suatu endapan kipas aluvial di daerah Sinunukan.
3. Endapan kipas alluvial di daerah Sinunukan terbentuk pada Awal Holosen, akibat aliran Batang Natal purba.

ACUAN

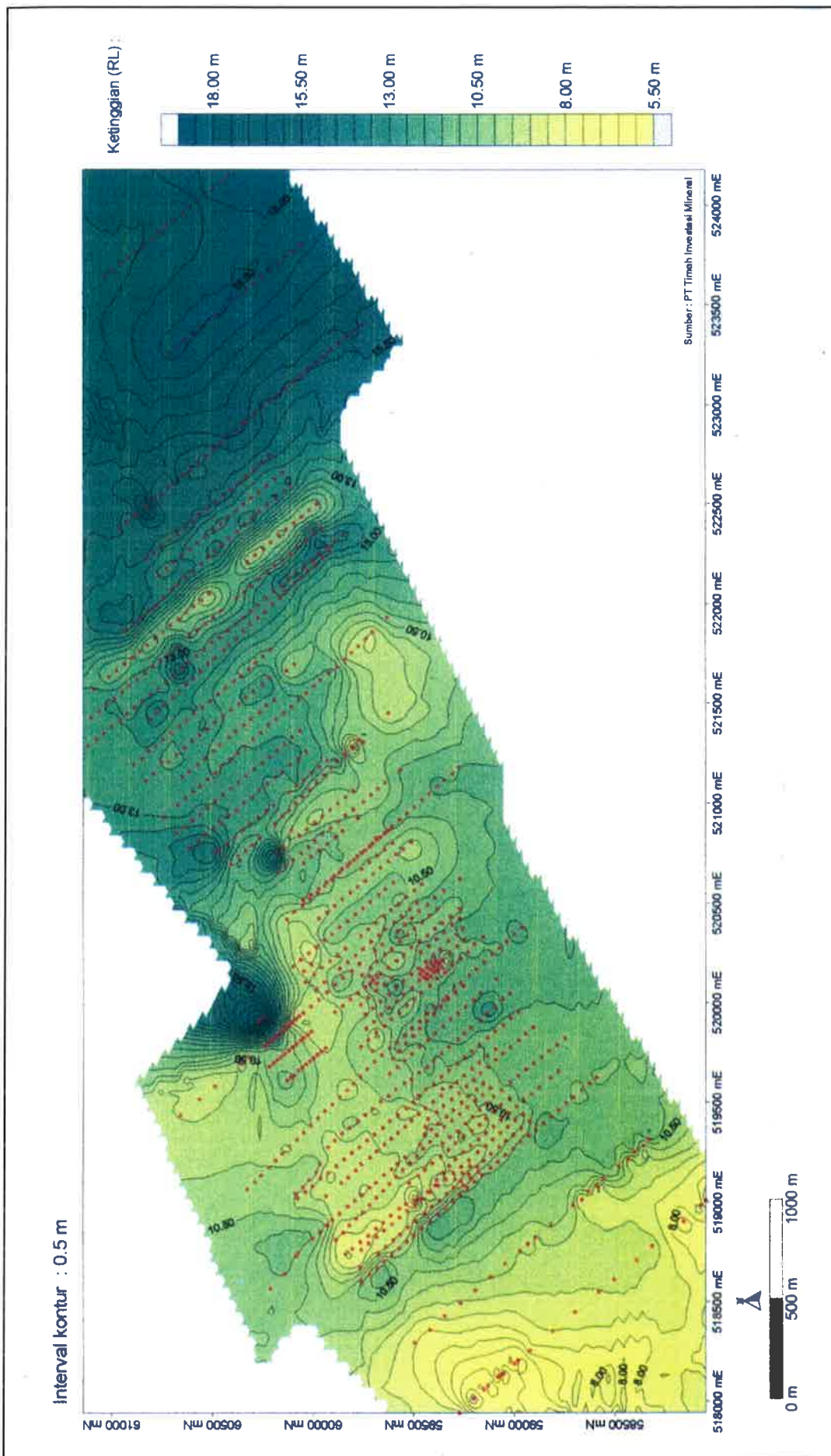
Indo Mineratama PT, 1997. Laporan Pemboran Bor Meka Bangka 6" di Daerah Batahan Natal Sumatera Utara, tidak diterbitkan, PT Indo Mineratama

Rock, N. M. S., Aldiss, D. T., Aspden, D. A. Clarke, M. C. G., Djunnuddin, A., Kartawa, W., Miswar, Thompson, S. J. and Whandoyo, R., 1983. Geologi Lembar Lubuksikaping, Sumatera, Skala 1 : 250.000; *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung*.

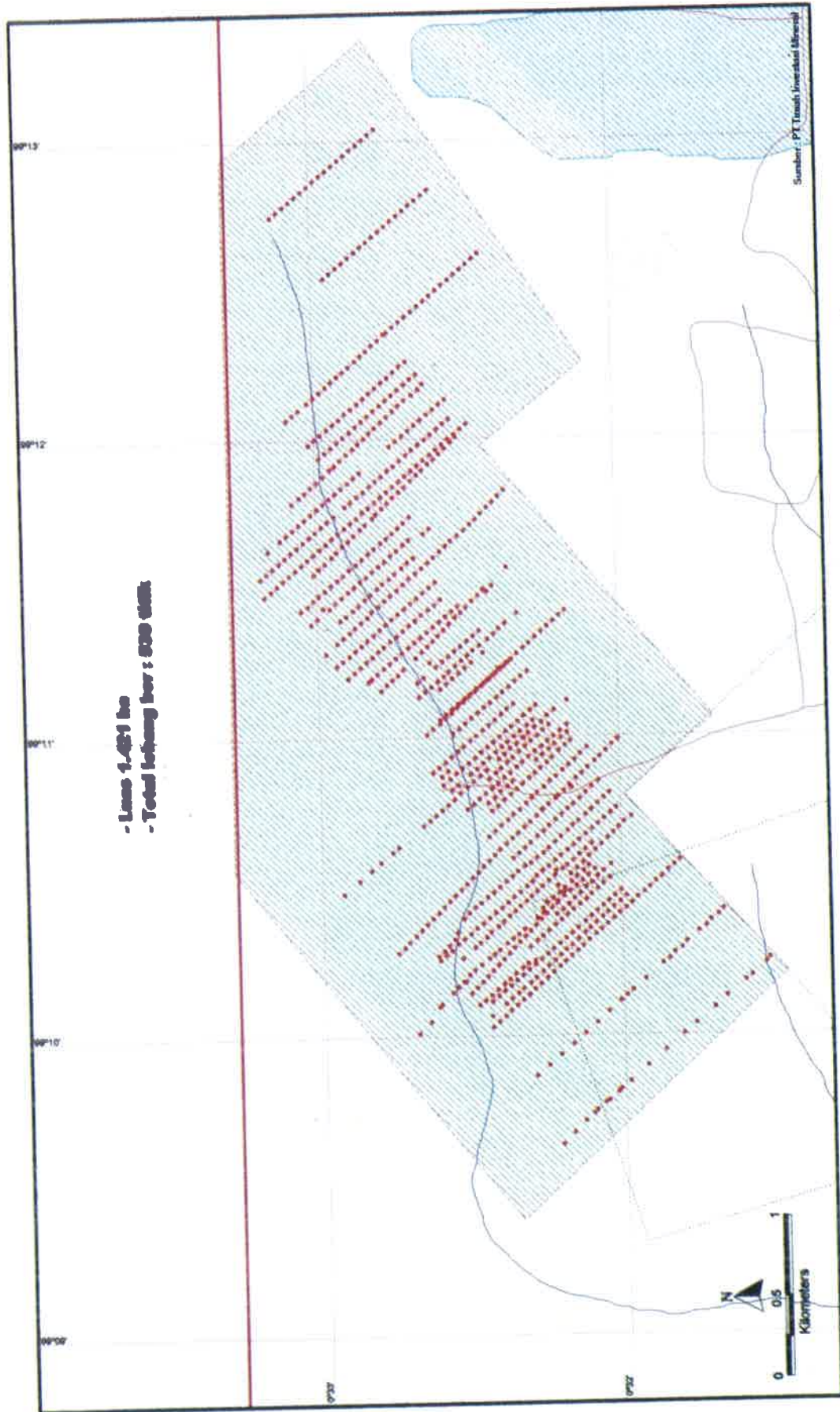
Reineck., H.E Singh., I.B., 1980. *Depositional Sedimentary Environments*, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, New York.

Said Aziz, 1996. Laporan Studi Sedimen Kuarter Serta Hubungannya Dengan Emas Plaser di Daerah Natal, Provinsi Sumatera Utara, tidak diterbitkan, PT. Timah Proyek Eksplorasi Non Timah, Jakarta.

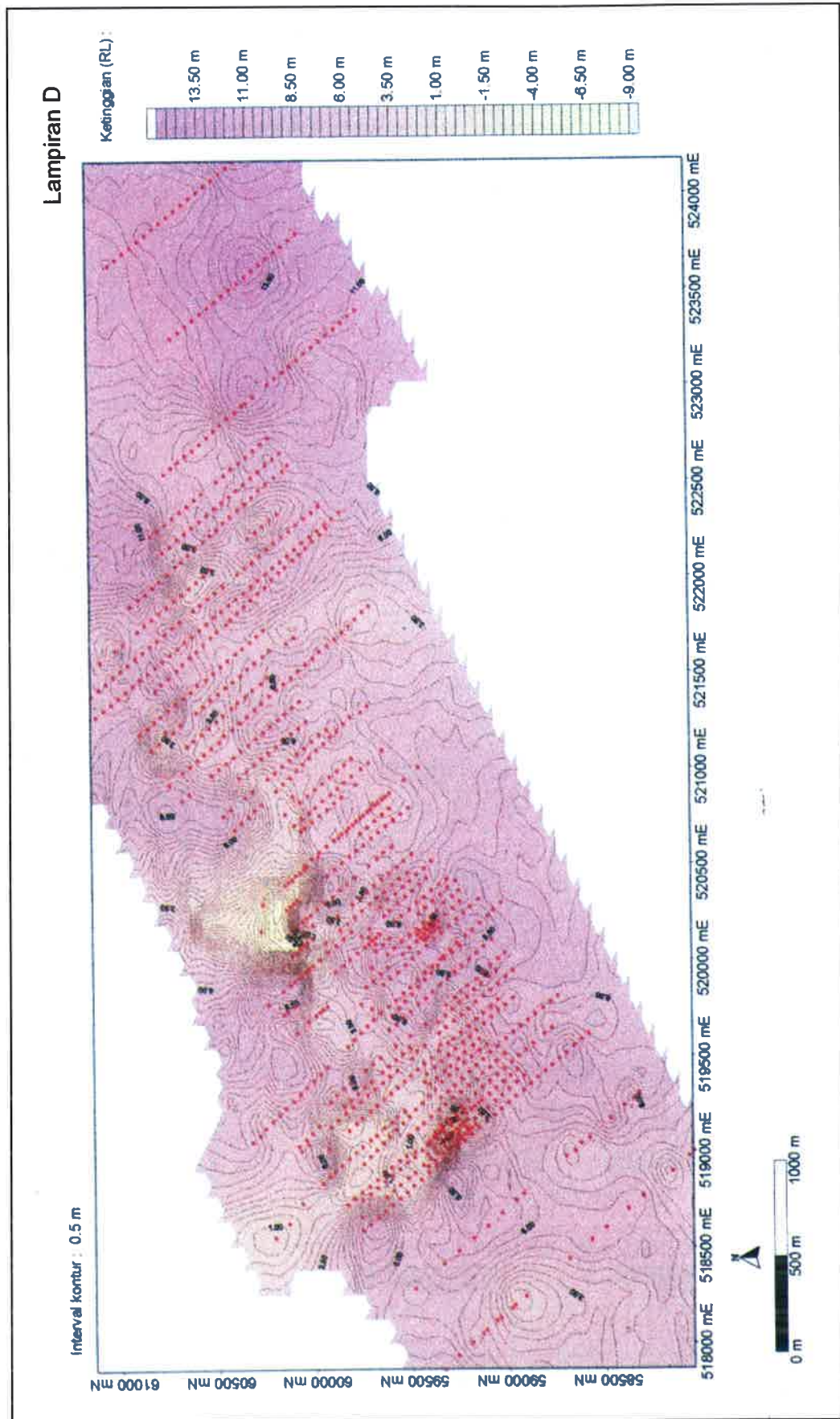
Tim Eksplorasi, 1999. Laporan Eksplorasi DU 363 Natal, tidak diterbitan, PT Timah Investasi Mineral, Jakarta.



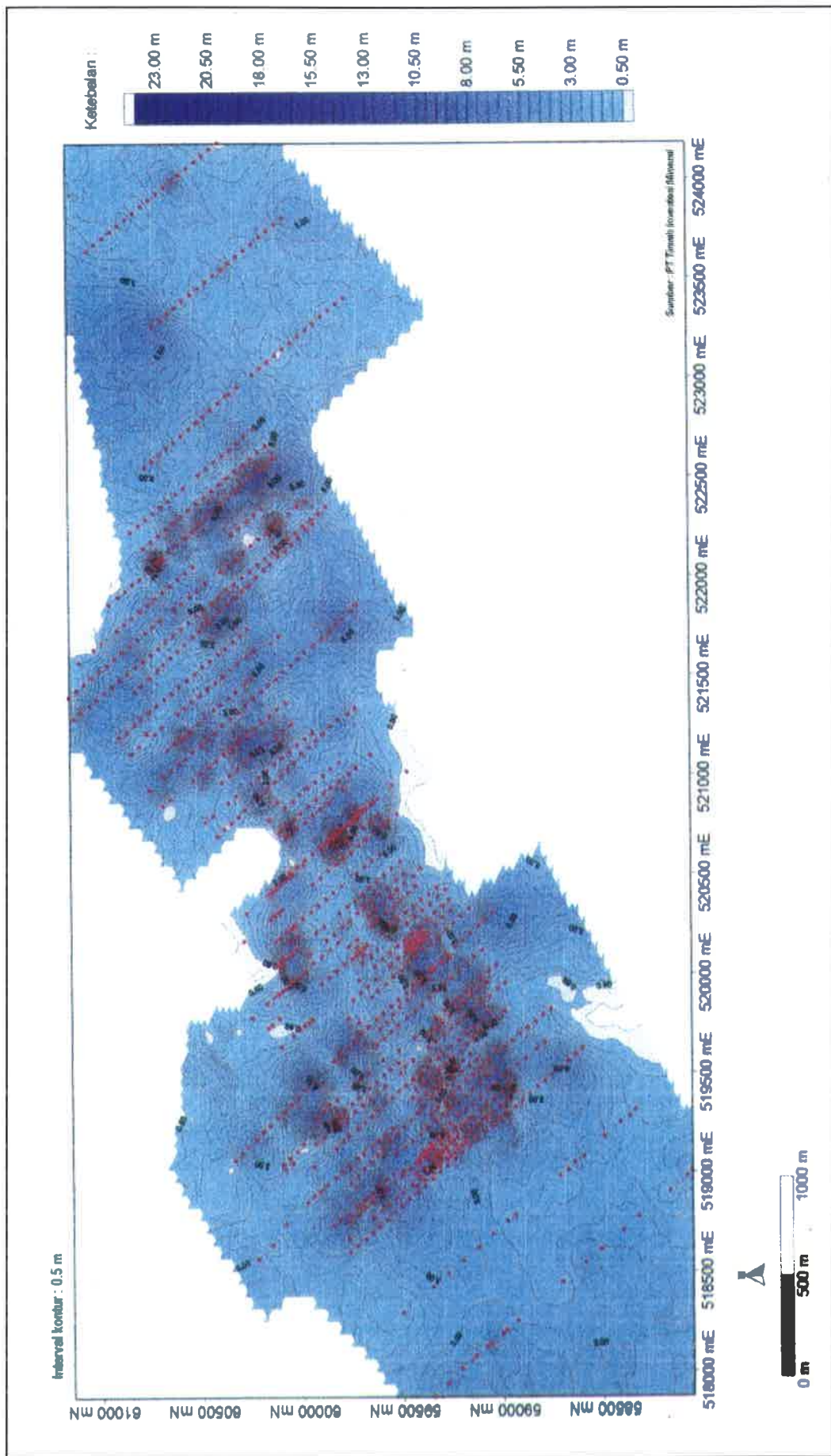
Gambar 8. Peta topografi daerah kajian



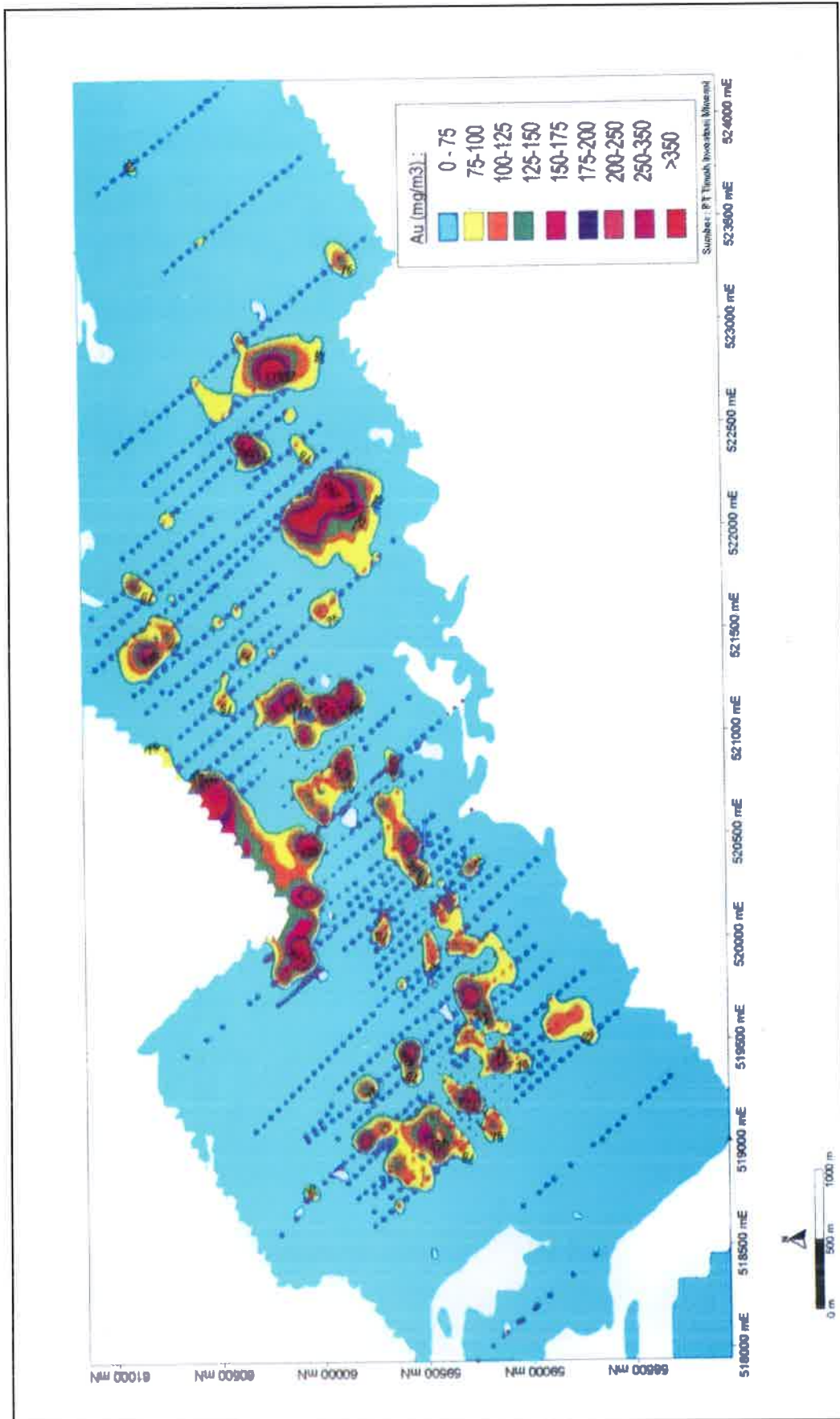
Gambar 9. Lokasi titik bor daerah kajian



Gambar 11. Peta top gravel daerah kajian (PT. TIM,1997)



Gambar 12. Peta isopach gravel



Gambar 13. Peta Isograde kandungan emas

FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI NILAI KALORI BATUBARA DAERAH HORNA IRIAN JAYA BARAT

Oleh :
Deddy Amarullah

Kelompok Program Penelitian Energi Fosil, Pusat Sumber Daya Geologi

S a r i

Didalam Formasi Steenkool di Cekungan Bintuni terdapat endapan batubara yang nilai kalorinya berbeda jauh, yaitu yang ditemukan didaerah Tembuni dan daerah Horna. Untuk mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan perbedaan nilai kalori tersebut perlu dilakukan kajian mengenai aspek geologi dari kedua daerah tersebut.

Nilai kalori rata-rata batubara daerah Tembuni sekitar 4823 cal/gr, sedangkan nilai kalori rata-rata daerah Horna sekitar 7526 cal/gr. Padahal berdasarkan peta geologi Lembar Ransiki (Atmawinata S.,dkk., 1989) endapan batubara yang ditemukan didaerah Tembuni maupun Horna terdapat dalam formasi yang sama yaitu Formasi Steenkool yang berumur Mio-Pliosen.

Menurut C. F. K. Diessel (1992) pembentukan batubara diawali dengan proses biokimia, kemudian diikuti oleh proses geokimia dan fisika, proses yang kedua ini sangat berpengaruh terhadap peringkat batubara (" coal rank "), yaitu perubahan jenis mulai dari gambut ke lignit, bituminous, sampai antrasit. Faktor yang sangat berperan didalam proses kedua tersebut adalah temperatur, tekanan, dan waktu.

Nilai kalori batubara daerah Horna yang tinggi disebabkan oleh pembebanan yang lebih tinggi dari daerah Tembuni, sehingga tekanan yang mempengaruhinya lebih besar, akibat dari tekanan yang besar akan menimbulkan panas juga. Apabila pembebanan lebih tinggi berarti sedimentasi diatas batubara lebih tebal, hal ini bisa terjadi kalau sebelum diendapkan Formasi Steenkool, posisi daerah Horna jauh lebih rendah atau lebih dalam dari daerah Tembuni.

Jurus perlapisan batuan di daerah Tembuni berkisar antara 75°-150°, dengan sudut kemiringan berkisar antara 12°-25°,sedangkan jurus perlapisan batuan di Horna berkisar antara 70°-140°, dengan sudut kemiringan berkisar antara 15°-85°. Berdasarkan jurus dan kemiringan lapisan di daerah Horna yang sangat bervariasi, diduga di daerah Horna ada gangguan tektonik yang ada pengaruhnya juga terhadap nilai kalori batubara walaupun tidak terlalu kuat.

A b s t r a c t

In Steenkool Formation of Bintuni Basin there are coal deposits which distinction calorific value that found in Tembuni and Horna areas. To know causing factors of the calorific value distinction need to be done study about geological aspect from both the areas.

Average calorific value of coal from Tembuni area is approximate 4823 cal/gr, whereas average calorific value from Horna area 7526 cal/gr. Actually based on geological map of Ransiki Sheet (Atmawinata S,dkk., 1989) coal deposits that found in Tembuni and Horna areas are in the same formation, that is Steenkool Formation which Mio-Pliosen age.

According to C. F. K. Diessel (1992) forming of coal is started with biochemistry process, then followed by process geochemistry and physics, this process very influence to coal rank, that is change of type from peat to lignite, bituminous, until anthracite. The important factor in the second process are temperature, pressure, and time.

The high calorific value on Horna area caused by heavier burden than Tembuni area, so that the pressure influencing it is bigger, effect of big pressure will generate heat also. If the load is higher its mean sedimentation on coal thicker, it can be occurred if before Steenkool Formation deposited, position of Horna area lower or deeper than Tembuni area.

Layers strike of Tembuni area ranges from 75°-150°, with angle of dip ranges from 12°-25°, whereas layers strike in Horna ranges from 70°-140°, with angle of dip ranges from 15°-85°. Based on variation of strike and dip in Horna area, it supposed that in Horna area was occurred tectonic activity that influence to calorific value of coal although not too strong.

PENDAHULUAN

Umumnya para pengguna batubara menentukan batubara berdasarkan nilai kalorinya, sehingga harga batubara dipasaran sangat ditentukan oleh nilai kalorinya. Biasanya didalam suatu formasi pembawa batubara yang sama selalu menunjukkan nilai kalori batubara yang relatif sama juga, atau kalau ada perbedaan maka perbedaannya juga tidak terlalu jauh.

Didalam formasi pembawa batubara di Cekungan Bintuni yang disebut Formasi Steenkool terdapat endapan batubara yang nilai kalorinya berbeda jauh, yaitu yang ditemukan didaerah Tembuni dan daerah Horna. Untuk mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan perbedaan nilai kalori tersebut, penulis akan membahasnya dalam makalah ini. Mudah-mudahan pembahasan masalah perbedaan nilai kalori ini bisa bermanfaat bagi yang membacanya.

GEOLOGIUMUM

Cekungan Bintuni terletak di wilayah Kepala Burung bagian timur Irian Jaya Barat, sedangkan daerah Tembuni dan Horna terletak dibagian utara Cekungan Bintuni. Stratigrafi Cekungan Bintuni bagian Utara menurut S. Atmawinata, A.S. Hakim dan P. Pieters (1989) dari bawah keatas adalah sebagai berikut;

Sebagai batuan dasarnya terdiri dari batuan metasedimen dan metamorf yang berumur Silur sampai Devon, dinamakan Formasi Kemum. Pada akhir Karbon terbentuk batuan beku granit yang dinamakan Granit Warjori.

Secara tidak selaras diatas Formasi Kemum diendapkan batupasir, konglomerat, sedikit batulumpur dan serpih pada akhir Karbon sampai awal Perm, yang dinamakan Formasi Aimau. Dipinggir cekungan bagian timur terbentuk pula batuan metamorf tingkat rendah seperti serpih, argilit, batulanau dan batupasir yang berlangsung dari awal Perm sampai akhir Kapur, dinamakan Kelompok Mawi.

Secara tidak selaras diatas Formasi Aimau diendapkan Formasi Tipuma yang terdiri dari batulumpur, batulanau, sedikit batupasir, konglomerat dan batugamping, pengendapannya terjadi pada awal Trias hingga Yura Awal. Bersamaan dengan itu pada awal Trias terbentuk batuan pluton yang mengandung biotit dan muskovit, dinamakan Granit Anggi.

Secara tidak selaras diatas Formasi Tipuma diendapkan batupasir gampingan, batulumpur, batulanau, sedikit napal dan konglomerat yang berlangsung dari Kapur Bawah hingga Kapur Atas, dinamakan Formasi Jass. Dipinggir cekungan bagian timur diendapkan pula kelompok Kambelangan yang terdiri dari serpih, batulanau, batupasir gampingan, sedikit biokalkarenit dan konglomerat yang berlangsung dari Yura Tengah sampai Kapur Akhir.

Selaras diatas Formasi Jass diendapkan Kelompok Niugini yang umumnya terdiri dari batugamping. S. Atmawinata dkk. (1989) membagi Kelompok Niugini menjadi 7 formasi, yaitu Formasi Puragi, Batugamping Inskin, Batugamping Faumai, Formasi Sirga, Batugamping Kais, Formasi Sekau dan Formasi Klasafet yang umurnya berkisar dari Paleosen hingga Miosen Akhir. Dipinggir cekungan bagian timurlaut terdapat batuan vulkanik yang terdiri dari tufa, aglomerat, lava, breksi lava, batuan terobosan bersifat basaltik sampai andesitik, terbentuk pada Eosen Akhir sampai awal Miosen Tengah yang dinamakan Batuan Gunungapi Arfak. Selain itu diendapkan pula Batugamping Maruni yang berlangsung dari Miosen Awal sampai akhir Miosen Tengah.

Selaras diatas Kelompok Niugini (Formasi Klasafet) diendapkan pula Formasi Steenkool yang terdiri dari batupasir, batulumpur, batulanau, konglomerat dan lignit, pengendapannya berlangsung mulai Miosen Akhir hingga Pliosen. Dipinggir cekungan bagian timurlaut tersingkap batugamping terumbu, konglomerat, batupasir, napal dan batulumpur gampingan yang diendapkan pada Miosen Akhir sampai Kuartar, dinamakan Formasi Wai. Selain itu diendapkan pula Formasi Befoor yang terdiri dari batupasir, batupasir kerakalan, konglomerat, batulumpur dan napal yang berumur Pliosen sampai Kuartar.

Selaras diatas Formasi Steenkool diendapkan batupasir dan konglomerat yang disebut Batupasir Tusuwai, berlangsung pada Pliosen sampai Kuartar. Dipinggir cekungan bagian utara diendapkan pula batupasir gampingan dan sedikit konglomerat gampingan yang disebut Formasi Menyabo.

Secara tidak selaras diatasnya terdapat endapan-endapan kuartar yang terdiri dari alluvium, endapan danau, endapan litoral dan terumbu koral.

GEOLOGI DAERAH TEMBUNI

Daerah kajian disusun oleh batuan berumur Tersier dan Kuartar, sebaran batuan Tersier meliputi 75 % dan batuan Kuartar meliputi 25 %.

Morfologi daerah kajian dibedakan menjadi dua satuan, yaitu Satuan perbukitan bergelombang dan Satuan pedataran.

Perbukitan bergelombang umumnya disusun oleh batuan berumur Tersier, pola alirannya adalah sub dendritik dan rectangular. stadium erosi disini menunjukkan stadium muda-dewasa yang dicirikan oleh tebing-tebing dan belokan sungai yang membentuk meander.

Satuan pedataran umumnya disusun oleh endapan Kuartar dengan pola aliran anastomatik, stadium erosi yang bekerja adalah stadium dewasa yang dicirikan oleh meander-meander.

Daerah kajian dibentuk oleh Formasi Steenkool, Batupasir Tusuwai dan Endapan Kuarter. Adapun bahasan stratigrafi dari bawah keatas secara berurutan adalah sebagai berikut;

Formasi Steenkool

Menempati bagian utara yang meliputi sekitar 60 % daerah kajian, merupakan formasi pembawa batubara, terdiri dari perselingan batupasir, batulanau, batulumpur dengan sisipan batubara. Batupasir berwarna abu-abu kehijau-hijauan sebagian kecoklat-coklatan, berbutir halus sampai sedang, membulat tanggung, terpilah sedang, fragmen yang terlihat adalah kuarsa, kadang-kadang terlihat struktur silang siur dan flaser bedding, tebal lapisan berkisar antara 3,00 m - 5,00 m. Batulanau berwarna abu-abu muda sampai abu-abu tua, tebal lapisan berkisar antara 0,50 m - 1,50 m. Batulumpur berwarna abu-abu tua sampai abu-abu kehitam-hitaman, sebagian karbonan, kadang-kadang didalamnya terdapat sisipan tipis batulanau dan batupasir halus yang membentuk laminasi sejajar, tebal lapisan berkisar antara 1,00 m - 2,50 m. Batubara berwarna coklat kehitam-hitaman, keras, pecahannya konkoidal, tebal lapisan berkisar antara 0,15 m - 1,50 m.

Tebal Formasi Steenkool diperkirakan sekitar 50 m, menurut Atmawinata dkk. (1989) diendapkan dalam lingkungan deltaik sampai paralik.

Didaerah kajian Formasi Steenkool dipisahkan lagi menjadi dua satuan, yaitu satuan yang didominasi oleh batupasir (TQss), tersebar di bagian timur daerah kajian, dan satuan yang didominasi oleh batulumpur (TQsm), tersebar di bagian barat daerah kajian.

Batupasir Tusuwai

Terletak selaras diatas Formasi Steenkool tersebar disebelah selatan Formasi Steenkool, sebarannya memanjang dengan arah baratlaut-tenggara. Terdiri dari batupasir, konglomerat polimik dan sedikit batulumpur, tebal formasi diperkirakan sekitar 25 m.

Endapan Kuarter

Terletak tidak selaras diatas Batupasir Tusuwai, sebarannya setempat-setempat, didaerah kajian Endapan Kuarter terbagi menjadi dua bagian, yaitu Endapan Aluvium dan Undak-undak Aluvium.

Dari hasil pengukuran arah jurus dan kemiringan lapisan batuan dapat diketahui bahwa daerah kajian membentuk perlipatan yang secara umum berarah baratlaut-tenggara, besar sudut kemiringannya berkisar antara 10o-40o, arah kemiringan adalah ke selatan sampai baratdaya. Berdasarkan Peta Geologi Lembar Ransiki didaerah kajian terdapat beberapa sesar yang umumnya berarah utara-selatan, tetapi jenis dari sesar-sesar tersebut belum diketahui.

GEOLOGI DAERAH HORNA

Daerah kajian membentuk rangkaian perbukitan bergelombang yang memanjang dengan arah umum barat-timur. Berdasarkan aspek-aspek geomorfologi daerah kajian dibedakan menjadi dua satuan morfologi, yaitu satuan perbukitan berlereng terjal dan satuan perbukitan berlereng landai.

Perbukitan berlereng terjal menempati bagian tengah yang meliputi sekitar 60 %, ketinggian satuan ini belum bisa diketahui secara pasti, namun berdasarkan pengukuran lereng dan jarak lintasan yang dilalui dengan menggunakan kompas dan tali ukur diperkirakan ketinggian bukit tertinggi, yaitu Gunung Rigai tidak kurang dari 1000 m. Pola pengalirannya berupa pola pengaliran rectangular. Erosi yang terjadi adalah erosi vertikal yang dicirikan oleh bentuk sungai-sungainya yang lurus-lurus dan tebing-tebingnya yang curam. Vegetasi yang menutupinya berupa hutan belantara.

Perbukitan berlereng landai menempati bagian selatan dan utara yang meliputi sekitar 40 % daerah kajian, ketinggiannya belum diketahui, pola pengalirannya adalah pola pengaliran rectangular juga, erosi yang terjadi masih erosi vertikal. Vegetasi yang menutupinya berupa hutan belantara dan ladang tidak tetap.

Secara umum daerah kajian dibentuk oleh Formasi Steenkool yang dianggap sebagai formasi pembawa batubara, sedangkan endapan berumur kuarter hanya sebagian kecil saja. Menurut Atmawinata S. (1989) Formasi Steenkool dapat dipisahkan menjadi dua satuan yaitu Formasi Steenkool yang dominan batulumpur atau TQsm dan Formasi Steenkool yang dominan batupasir atau TQss. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, Formasi Steenkool yang dominan batulumpur berada dibawah Formasi Steenkool yang dominan batupasir. Pembahasan stratigrafi daerah kajian berdasarkan hasil pengamatan di lapangan adalah sebagai berikut;

Formasi Steenkool dominan Batulumpur (TQsm)

Menempati bagian utara dan baratlaut, terdiri dari perselingan batulempung karbonan sisipan batubara, batulanau dan batupasir. Bateulempung karbonan berwarna abu-abu tua kehitam-hitaman, merupakan batuan yang dominan, masif kadang-kadang didalam batulempung ini ditemukan sisipan tipis batulanau yang membentuk struktur laminasi sejajar, tebal lapisan berkisar antara 2 m - 5 m. Batulanau berwarna abu-abu tua hingga abu-abu muda, tebal lapisan berkisar antara 0,5 m - 1,5 m. Batupasir berwarna abu-abu muda sebagian kecoklat-coklatan, berbutir halus-sedang, membulat tanggung, terpilah sedang, terlihat fragmen-fragmen kuarsa, kadang-kadang terlihat sisipan batulanau, tebal lapisan berkisar antara 1 m - 3 m. Sisipan

batubara berwarna hitam kecoklat-coklatan, mengkilap, tebal lapisan berkisar antara 0,15 m - 1,60 m. Tebal Formasi Steenkool dominan Batulumpur belum terukur secara pasti, namun berdasarkan hasil rekonstruksi penampang diperkirakan sekitar 500 m. Formasi ini tersingkap di hulu Sungai Temok, Sungai Titeng, Sungai Ti dan Sungai Tembuni.

Formasi Steenkool dominan Batupasir (TQss)

Menempati bagian selatan daerah kajian, terdiri dari batupasir, konglomerat, batulanau dan batulempung sisipan tipis batubara. Batupasir berwarna abu-abu sebagian abu-abu kecoklat-coklatan, berbutir sedang-kasar, membulat tanggung, terpilah sedang-jelek, fragmen yang terlihat adalah kuarsa, kadang-kadang membentuk struktur silang siur, tebal lapisan berkisar antara 5 m - 15 m, didalamnya kadang-kadang ditemukan bongkahan batubara. Konglomerat berwarna abu-abu, komponennya terdiri dari batuan beku, batuan sedimen, batuan metamorf dan batugamping, ukuran komponen berkisar antara 2 cm - 10 cm, sebagian membentuk lapisan bersusun, masa dasarnya adalah batupasir berbutir sedang, tebal lapisan berkisar antara 3 m - 10 m. Batulanau dan batulempung memperlihatkan perulangan lapisan, tebalnya berkisar antara 1 m - 5 m, didalam batulempung kadang-kadang ditemukan sisipan batubara yang tebalnya berkisar antara 0,05 m - 0,25 m. Berdasarkan rekonstruksi penampang diperkirakan tebal formasi ini tidak kurang dari 700 m.

Endapan Kuarter

Terletak tidak selaras diatas Formasi Steenkool, tersebar dibagian timur daerah kajian, terdiri dari lumpur, pasir, kerikil, gambut dan bahan tumbuhan.

Berdasarkan ciri-ciri di lapangan dan hasil pengukuran arah jurus kemiringan lapisan batuan, menunjukkan bahwa daerah yang dikaji telah beberapa kali mengalami gangguan tektonik.

Secara umum lapisan batuan miring kearah selatan dengan sudut kemiringan lapisan berkisar antara 5o-85o. Dari ciri-ciri yang ditemukan dapat diperkirakan bahwa struktur sesar sangat dominan, sedangkan struktur lipatan yang teramati ditemukan disepanjang Sungai Tembuni

ENDAPAN BATUBARA DAERAH TEMBUNI

Endapan batubara didaerah Tembuni ditemukan dalam Formasi Steenkool, tapi endapan batubara yang paling tebal hanya terdapat pada satuan yang dominan batulumpur (TQsm) yang terletak dibagian selatan, tebalnya berkisar antara 0,50 m - 1,50 m, sedangkan dibagian utara yaitu pada satuan yang dominan batupasir (TQss) tebal lapisan batubara yang ditemukan berkisar antara 0,05 m - 0,20 m. Endapanbatubara yang tebalnya kurang dari 0,50 m tidak dikorelasikan karena diperkirakan lapisannya hanya setempat-setempat saja.

Berdasarkan korelasi antar singkapan didaerah Tembuni terdapat dua lapisan batubara, lapisan bagian atas dinamakan Seam Tusurbon, tebal lapisan sekitar 0,50 m, kemiringan lapisan berkisar antara 17°-20°, panjang sebaran sekitar 2.500 m, sebenarnya dibagian timur lapisan ini mengalami splitting, tapi karena tebal yang mengalami splittingnya kurang dari 0,50 m maka hal seperti itu tidak dibahas. Lapisan yang kedua terletak dibagian utara lapisan yang pertama, dinamakan Seam Titba, tebal lapisan berkisar antar 0,90 m - 1,50 m, kemiringan lapisan berkisar antara 12° - 25°, panjang sebaran sekitar 8.000 m.

Tabel 1. Endapan Batubara Daerah Tembuni

Nama Seam	Tebal (m)	Panjang (m)	Jurus (N..°E)	Kemiringan (..°)	Keterangan
Tusurbon	0,50	2.500	85-130	17-20	Batubara kusam
Titba	0,90-1,50	8.000	75-150	12-25	Batubara kusam

Sumber : Deddy Amarullah (1990)

Tabel 2. Endapan Batubara Daerah Horna

Nama Seam	Tebal (m)	Panjang (m)	Jurus (N..°E)	Kemiringan (..°)	Keterangan
Temok	0,56	1.000	140	20	Batubara mengkilap
Tistohu 1	0,70-1,07	3.500	70-95	25-50	Batubara mengkilap
Tistohu 2	0,70-1,60	3.500	70-95	15-85	Batubara mengkilap
Tistohu 3	1,05	1.000	80	20	Batubara mengkilap
Tistohu 4	0,70	1.000	70	60	Batubara mengkilap
Tistohu 5	1,60	1.000	70	20	Batubara mengkilap

Sumber : Deddy Amarullah (1990)

Umumnya batubara daerah Tembuni berwarna coklat kehitam-hitaman, kusam, brittle sampai keras, pecahannya konkoidal, bagian atas dan bawahnya umumnya adalah batulempung berwarna abu-abu, kadang-kadang dibawah batubara terdapat lempung batubaraan atau coaly clay dan lempung karbonan atau carbonaceous clay.

ENDAPAN BATUBARA DAERAH HORNA

Endapan batubara didaerah Horna ditemukan dalam Formasi Steenkool, tapi endapan batubara yang lebih tebal hanya terdapat pada satuan yang dominan batulumpur (TQsm) yang terletak dibagian utara, tebalnya berkisar antara 0,15 m 1,60 m, sedangkan dibagian selatan yaitu pada satuan yang dominan batupasir (TQss) tebal lapisan batubara yang ditemukan berkisar antara 0,05 m 0,35 m. Endapan batubara yang tebalnya kurang dari 0,50 m tidak dikorelasikan karena diperkirakan lapisannya hanya setempat-setempat saja, seperti batubara yang ditemukan pada satuan yang dominan batupasir atau TQss.

Berdasarkan korelasi antar singkapan didaerah Horna pada satuan yang dominan batulumpur terdapat enam lapisan batubara. Lapisan paling atas ditemukan pada singkapan S-27, dinamakan Seam Temok, tebal lapisan sekitar 0,56 m, kemiringan lapisan sekitar 20°, panjang sebaran sekitar 1.000 m. Lapisan kedua dinamakan Seam

Tistohu 1, ditemukan pada singkapan S-30 dan S-36b, tebal lapisan berkisar antara 0,70 m 1,07 m, kemiringan lapisan berkisar antara 25°-50°, panjang sebaran sekitar 3.500 m. Lapisan yang ketiga terletak dibagian utara lapisan yang kedua, ditemukan pada singkapan S-29, S-36c1 dan S-36c2, dinamakan Seam Tistohu 2, tebal lapisan berkisar antar 0,70 m 1,60 m, kemiringan lapisan berkisar antara 15o 85o, panjang sebaran sekitar 3.500 m, berdasarkan ciri di S-36c1 dan S-36c2 diperkirakan lapisan ini telah tersesarkan. Lapisan keempat ditemukan pada singkapan S-36d, dinamakan Seam Tistohu 3, tebal lapisan sekitar 1,05 m, kemiringan lapisan sekitar 20o, panjang sebaran sekitar 1.000 m. Lapisan kelima ditemukan pada singkapan S-36e, dinamakan Seam Tistohu 4, tebal lapisan sekitar 0,70 m, kemiringan lapisan sekitar 60°, panjang sebaran sekitar 1.000 m. Lapisan keenam ditemukan pada singkapan S-33, dinamakan Seam Tistohu 5, tebal lapisan sekitar 1,60 m, kemiringan lapisan sekitar 20°, panjang sebaran sekita 1.000 m.

Umumnya batubara daerah Horna berwarna hitam kecoklat-coklatan, mengkilap, brittle, pecahannya konkoidal, bagian atas dan bawahnya umumnya adalah batulempung berwarna abu-abu, kadang-kadang dibawah batubara terdapat lempung batubaraan atau coaly clay dan lempung karbonan atau carbonaceous clay.

Tabel 3. Angka Rata-rata Kualitas Batubara Daerah Tembuni

Nama Seam	As Received		As Analyzed							
	FM (%)	TM (%)	M (%)	VM (%)	FC (%)	Ash (%)	CV (cal/gr)	SG (ton/m ³)	S (%)	HGI
Tusurbon	28,50	38,50	14,40	41,45	29,00	29,70	4538	1,42	0,33	41
Titba	32,44	42,70	15,16	44,68	39,34	4,10	5108	1,30	0,49	35,4

Sumber : Dedy Amarullah (1990)

Tabel 4. Angka Rata-rata Kualitas Batubara Daerah Horna

Nama Seam	Ar	A d b								
	TM (%)	M (%)	VM (%)	FC (%)	Ash (%)	CV (cal/gr)	SG (ton/m ³)	S (%)	HGI	
Temok	5,20	2,60	48,50	43,50	4,40	6965	1,29	0,29	45	
Tistohu 1	4,05	1,60	47,70	46,70	3,75	7728	1,29	1,16	41	
Tistohu 2	7,75	3,75	42,35	51,55	2,35	7288	1,28	0,59	48	
Tistohu 3	3,00	1,30	46,60	49,40	2,70	7870	1,24	1,78	47	
Tistohu 4	9,20	1,60	45,10	50,50	2,80	7770	1,28	1,40	55	
Tistohu 5	3,90	1,80	44,10	48,70	5,40	7520	1,29	0,90	42	

Sumber : Dedy Amarullah (1990)

KUALITAS BATUBARA DAERAH TEMBUNI

Dari hasil analisis proksimat batubara daerah Tembuni memperlihatkan angka kualitas seperti ditunjukkan pada tabel 3.

Pada tabel terlihat bahwa angka rata-rata nilai kalori batubara daerah Tembuni termasuk dalam batubara peringkat rendah atau "low rank coal", bahkan nilai kalori pada Seam Tusurbon menunjukkan angka rata-rata yang lebih rendah lagi yaitu 4538 cal/gr, hal ini bisa terjadi karena angka rata-rata kandungan abunya atau "ash" sangat tinggi yaitu 29,70 %. Kandungan abu atau "ash" merupakan pengotor didalam batubara, oleh karena itu nilai kalori dalam batubara berbanding terbalik dengan kandungan abu. Kandungan sulfur dari kedua seam batubara didaerah Tembuni menunjukkan angka rata-rata yang rendah, jadi kalau berdasarkan kandungan sulfurnya batubara ini termasuk kedalam batubara bersih. Berdasarkan HGI yang menunjukkan angka 35,4 dan 41, batubara daerah Tembuni termasuk kedalam batubara keras.

KUALITAS BATUBARA DAERAH HORNA

Dari hasil analisis proksimat batubara daerah Horna memperlihatkan angka kualitas seperti ditunjukkan pada tabel 4.

Didalam tabel terlihat bahwa angka nilai kalori dari masing-masing lapisan atau seam cukup tinggi, yaitu berkisar antara 6965 cal/gr 7870 cal/gr atau berdasarkan ASTM (American Standard Testing material) termasuk kedalam kelompok Bituminuous. Ketebalan lapisan antara seam batubara yang satu dengan yang lainnya (interburden) tidak terlalu besar sehingga nilai kalorinya juga tidak berbeda jauh, kecuali pada Seam batubara Temok karena tebal interburden antara Seam batubara Temok dengan seam batubara dibawahnya cukup tebal. Posisi keberadaan seam batubara antara Seam batubara Tistohu 1 sampai dengan Seam batubara Tistohu 5 tidak berpengaruh terhadap nilai kalori, sehingga bisa saja seam batubara yang terletak dibagian atas nilai kalorinya lebih tinggi dari seam batubara dibawahnya.

Parameter yang mempengaruhi nilai kalori diantara

Seam batubara Tistohu 1 sampai dengan Seam batubara Tistohu 5 adalah moisture atau kandungan air. Di tabel terlihat bahwa kandungan air yang paling rendah adalah Seam batubara Tistohu 3 yaitu 1,30 %, sedangkan nilai kalorinya merupakan nilai kalori yang paling tinggi jika dibandingkan dengan nilai kalori pada seam batubara lainnya yaitu 7870 cal/gr. Berarti nilai kalori yang terlihat di tabel berbanding terbalik dengan kandungan airnya.

Secara umum kandungan abu pada batubara daerah Horna tidak terlalu tinggi, yaitu berkisar antara 2,35 % - 5,40 %, kekerasan batubaranya juga relatif sedang yaitu berkisar antara 41 55.

PERBANDINGAN KUALITAS BATUBARA TEMBUNIDENGAN HORNA

Untuk mengetahui apakah kualitas batubara Tembuni dan Horna berbeda jauh atau tidak, dapat dilihat pada tabel 5.

Dari tabel terlihat ada beberapa parameter yang angkanya berbeda jauh, seperti kandungan air atau "moisture", "fixed carbon", abu atau "ash" dan nilai kalori. Perbedaan kandungan abu yang cukup jauh tidak terlalu menjadi masalah karena tidak banyak kaitannya dengan proses pembatubaraan atau "coalification process", sedangkan kandungan "fixed carbon", nilai kalori dan kandungan air ada kaitannya dengan proses pembatubaraan. Padahal berdasarkan peta geologi Lembar Ransiki (Atmawinata S.,dkk., 1989) endapan batubara yang ditemukan didaerah Tembuni maupun Horna terdapat dalam formasi yang sama yaitu Formasi Steenkool yang berumur Mio-Pliosen.

FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KUALITAS BATUBARA

Menurut C. F. K. Diessel (1992) pembentukan batubara diawali dengan proses biokimia, kemudian diikuti oleh proses geokimia dan fisika, proses yang kedua ini sangat berpengaruh terhadap peringkat batubara ("coal rank"), yaitu perubahan jenis mulai dari gambut ke lignit, bituminous, sampai antrasit. Faktor yang sangat berperan didalam proses kedua tersebut adalah temperatur, tekanan, dan waktu.

Tabel 5. Kualitas Batubara Daerah Tembuni dan Horna

Daerah	Angka Rata-rata Hasil Analisis								
	Ar	Adb							
	TM (%)	M (%)	VM (%)	FC (%)	Ash (%)	CV (cal/gr)	SG (ton/m ³)	S (%)	HGI
Tembuni	40,60	14,78	43,07	34,17	16,90	4823	1,36	0,41	38
Horna	5,50	2,10	45,73	48,40	3,56	7526	1,28	1,02	46

Sumber : Deddy Amarullah (1990)

Pematangan batubara yang disebabkan oleh temperatur akan menimbulkan anomali peringkat batubara disekitar daerah tersebut, seperti yang ditemukan di daerah Suban, Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Panas yang timbul didaerah Suban disebabkan oleh intrusi batuan beku sill sehingga peringkat batubaranya berubah jadi antrasitik, padahal jenis batubara disekitar Suban seperti Muara Tiga dan Air Laya hanya termasuk jenis sub bituminous.

Faktor tekanan dalam pematangan batubara berfungsi untuk memadatkan bahan organik dan mengeluarkan kandungan air atau "dehydration", yang akhirnya akan menaikkan peringkat batubara atau "coal rank". Tekanan akan bertambah apabila beban disekitar batubara meningkat atau ada gangguan tektonik. Namun biasanya pengaruh tekanan yang disebabkan gangguan tektonik tidak sekuat seperti yang disebabkan temperatur.

Peranan waktu dalam pematangan batubara sangat diperlukan, karena makin lama pemanasan atau penekanan terhadap batubara akan menghasilkan peringkat batubara yang lebih tinggi lagi. Oleh karena itu batubara yang berumur tua umumnya mempunyai peringkat tinggi.

FAKTOR YANG MENINGKATKAN NILAI KALORI DI HORNA

Berdasarkan uraian diatas dapat diduga bahwa tingginya nilai kalori pada batubara daerah Horna bukan disebabkan oleh pemanasan karena intrusi batuan beku, karena disekitar daerah Horna tidak ada intrusi batuan beku, tapi disebabkan oleh pembebanan yang lebih tinggi dari daerah Tembuni, sehingga tekanan yang mempengaruhinya lebih besar,

akibat dari tekanan yang besar akan menimbulkan panas juga. Apabila pembebanan lebih tinggi berarti sedimentasi diatas batubara lebih tebal, hal ini bisa terjadi kalau sebelum diendapkan Formasi Steenkool, posisi daerah Horna jauh lebih rendah atau lebih dalam dari daerah Tembuni.

Selain itu berdasarkan jurus dan kemiringan lapisan di daerah Horna yang sangat bervariasi, diduga di daerah Horna ada gangguan tektonik yang diperkirakan ada pengaruhnya juga terhadap nilai kalori batubara walaupun tidak terlalu besar.

KESIMPULAN

Dari uraian diatas dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut;

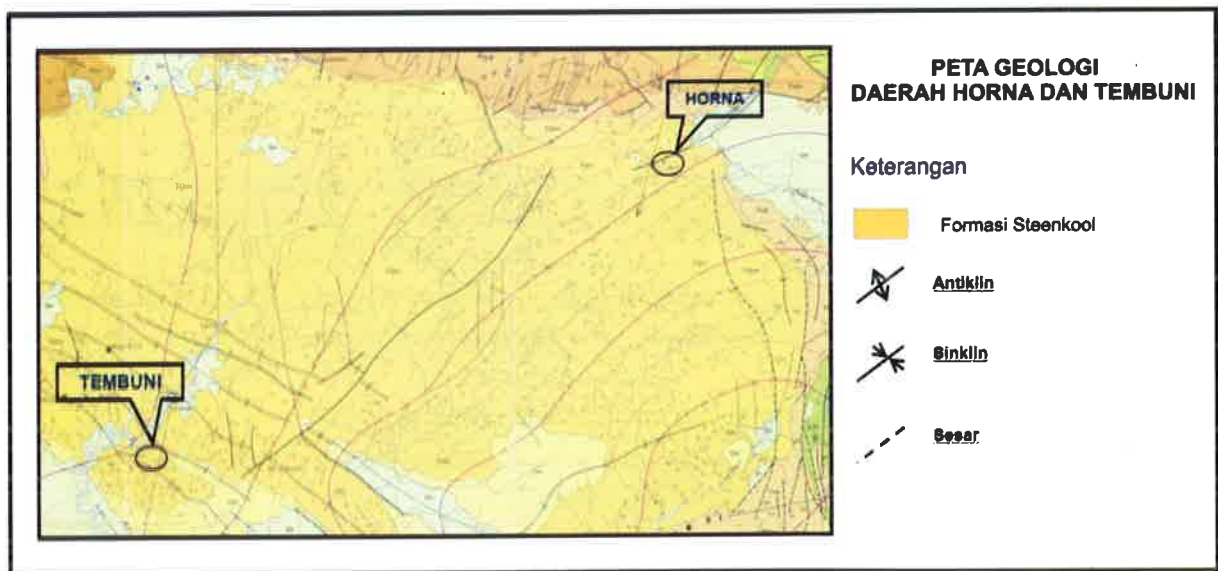
1. Nilai kalori batubara daerah Horna yang tinggi disebabkan oleh pembebanan yang lebih tinggi dari daerah Tembuni sehingga tekanan yang mempengaruhinya lebih besar, akibat dari tekanan yang besar akan menimbulkan panas juga.
2. Apabila pembebanan lebih tinggi berarti sedimentasi diatas batubara lebih tebal, hal ini bisa terjadi kalau sebelum diendapkan Formasi Steenkool, posisi daerah Horna jauh lebih rendah atau lebih dalam dari daerah Tembuni.
3. Berdasarkan jurus dan kemiringan lapisan di daerah Horna yang sangat bervariasi, diduga di daerah Horna ada gangguan tektonik yang diperkirakan ada pengaruhnya juga terhadap nilai kalori batubara walaupun tidak terlalu kuat.

ACUAN

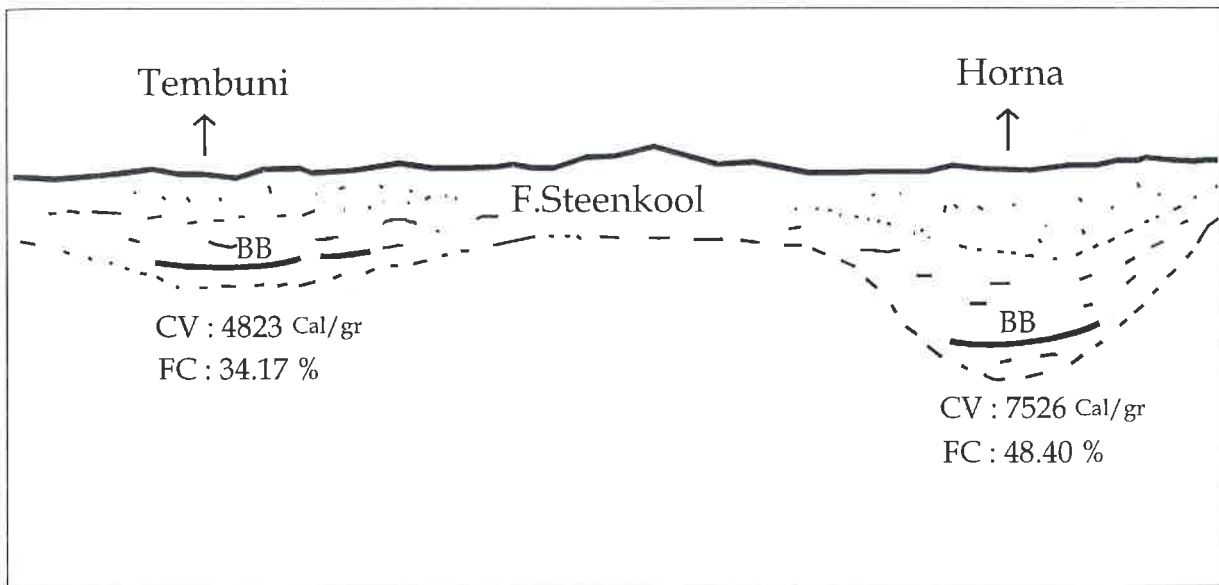
- Amarullah D. dan Sukardi, 1990. Penyelidikan Pendahuluan Endapan Batubara Daerah Horna, Kecamatan Bintuni, Kab. Manokwari, Prov. Irian Jaya, Proyek Bahan-bahan Galian Industri dan Batubara, *Direktorat Sumberdaya Mineral*, Laporan tidak dipublikasikan.
- Amarullah D. dan Sukardi, 1991. Penyelidikan Pendahuluan Endapan Batubara Daerah Horna, Kecamatan Bintuni, Kab. Manokwari, Prov. Irian Jaya, Proyek Bahan-bahan Galian Industri dan Batubara, *Direktorat Sumberdaya Mineral*, Laporan tidak dipublikasikan.
- Atmawinata S., Hakim AS., Pieters PE., 1989. Peta Geologi Lembar Ransiki Irian Jaya, PPPG.
- Badhroom dan Hanif, 1983. Survey Pendahuluan Endapan Batubara di Cekungan Bintuni, Proyek Inventarisasi Batubara, *Direktorat Sumberdaya Mineral*, Laporan tidak dipublikasikan.
- Diessel C.F. K., 1992. Coal Bearing Depositional Systems, Springer-Verlag, Berlin, Hiedelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hongkong, Barcelona, Budapest.
- Robertson Research, 1975. Coal Resources of Indonesia, Vol. I.
- Romdhon Ali, 1974. Geologi dan Stratigrafi Daerah Merdey Cekungan Bintuni bagian Utara, Irian Jaya, *Departemen Teknik Geologi ITB*, Tesis.



Gambar 1. Peta Lokasi Daerah Kajian



Gambar 2. Peta Geologi Daerah Horna dan Tembuni (Sumber : S. Atmawinata dkk., 1989)



Gambar 2. Sketsa Penampang saat awal pengendapan F. Steenkool di Tembuni dan Horna

TINJAUAN TENTANG CEBAKAN EMAS ALUVIAL DI INDONESIA DAN POTENSI PENGEMBANGAN

Oleh :

Sabtanto Joko Suprpto

Kelompok Program Penelitian Konservasi - Pusat Sumber Daya Geologi

SARI

Cebakan emas aluvial di Indonesia terdapat terutama pada pulau-pulau besar seperti Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Papua. Sebaran emas aluvial berada pada permukaan atau dekat permukaan, dengan spesifik emas berupa warna dan kilap yang sangat menarik, sehingga keberadaan emas aluvial mudah dikenali, dan umumnya mudah ditemukan dan diusahakan oleh masyarakat setempat.

Cebakan emas aluvial dicirikan oleh kondisi endapan sedimen bersifat lepas dengan kandungan logam emas berupa butiran, dapat ditambang dan diolah dengan cara pemisahan emas secara fisik, menggunakan peralatan sederhana. Optimalisasi pemanfaatan potensi emas aluvial dapat dilakukan dengan menyesuaikan kelayakan skala usaha yang tepat sesuai dengan dimensi cebakan. Cebakan dengan dimensi relatif kecil tidak bisa menggunakan peralatan berat tetapi dapat dikembangkan untuk pertambangan skala kecil atau pertambangan rakyat menggunakan peralatan sederhana.

Pengembangan potensi cebakan emas aluvial dengan melibatkan pertambangan rakyat harus juga mempertimbangkan aspek perlindungan lingkungan, dengan menghindari terjadinya degradasi lingkungan.

ABSTRACT

Alluvial gold deposits in Indonesia are mostly found in some big islands such as Sumatera, Kalimantan, Sulawesi and Papua. Their distribution are usually at or near the surface with their specific performance of colour and luster so their appearances are easily to be recognized and they have been commonly found and mined by local people.

The alluvial gold deposits are characterized by their loosely sedimentary materials containing native gold grains which can be mined and processed through physical separation using simple equipments. Utility optimisation of alluvial gold potency can be done by setting its feasible business scale according to deposits dimension. Deposits of relatively small dimension can not apply heavy equipments but they should be developed for small scale mining or people mining with applied simple equipments.

Development of the potency of alluvial gold deposit with people mining involvement must also consider environmental protection aspects by avoiding a rise of degradation of environment.

PENDAHULUAN

Indonesia telah dikenal dengan potensi emasnya sejak lebih dari 1000 tahun yang lalu, dimulai dengan kedatangan penambang emas dari Cina, dilanjutkan pada zaman Hindu, dan penambangan emas lebih intensif lagi pada saat pendudukan oleh Belanda dan Jepang. Pertambangan emas aluvial masih berlangsung sampai saat ini, terutama di Pulau Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua.

Sebaran cebakan emas aluvial/ letakan dapat dijumpai dalam dimensi kecil, dengan sumber daya beberapa kilogram logam emas, dapat juga dalam dimensi besar sumber daya beberapa ton emas. Prospek emas aluvial di beberapa wilayah di Indonesia umumnya berada pada daerah terpencil, perlu dikembangkan secara optimal dengan mengolah emas beserta mineral/ bahan ikutannya.

Eksplorasi cebakan emas aluvial relatif mudah sementara penambangan dan pengolahan dapat dilakukan dengan peralatan sederhana, sehingga berpotensi untuk pengembangan pertambangan rakyat.

Penambangan dan pengolahan cebakan emas aluvial menggunakan peralatan sederhana dengan kapasitas terbatas, berpotensi menyisakan bahan galian. Perolehan penambangan dan pengolahan yang kurang optimal berpotensi menyisakan emas dan mineral ikutannya baik dalam bentuk cebakan insitu maupun tailing. Lebih jauh lagi bahwa reklamasi lahan bekas tambang umumnya tidak dilakukan oleh pertambangan rakyat.

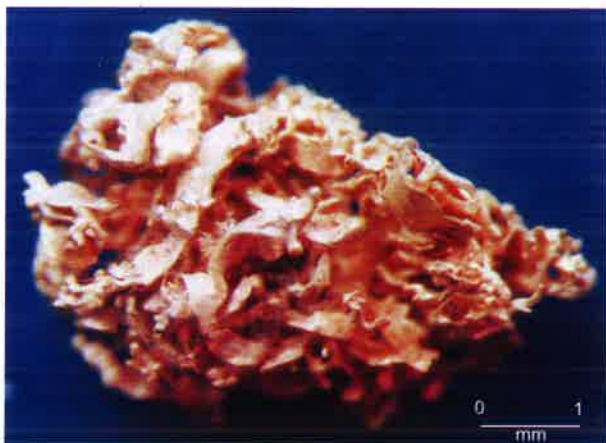
Pengembangan emas aluvial seharusnya melibatkan pelaku usaha pertambangan dengan skala yang disesuaikan dengan dimensi sebaran cebakan, dan mengutamakan kepentingan masyarakat setempat, serta berwawasan lingkungan.

CEBAKAN EMAS ALUVIAL

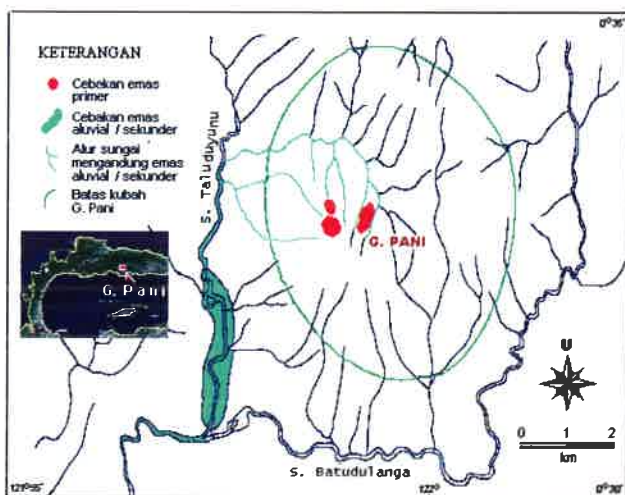
Genesa

Emas dalam bentuk cebakan di alam dijumpai dalam dua tipe, yaitu cebakan emas primer dan emas sekunder. Cebakan emas primer umumnya terbentuk oleh aktifitas hidrotermal, yang membentuk tubuh bijih dengan kandungan utama silika. Cebakan emas primer mempunyai bentuk sebaran berupa urat atau dalam bentuk tersebar pada batuan.

Proses oksidasi dan pengaruh sirkulasi air yang terjadi pada cebakan emas primer pada atau dekat permukaan menyebabkan terurainya penyusun bijih emas primer. Proses tersebut menyebabkan juga terlepas dan terdispersinya emas. Terlepas dan tersebarnya emas dari ikatan bijih primer dapat terendapkan kembali pada rongga-rongga atau pori batuan, rekahan pada tubuh bijih dan sekitarnya, membentuk kumpulan butiran emas dengan tekstur permukaan kasar



Gambar 1. Emas sekunder dari rekahan pada cebakan emas primer, Kelian, Kaltim (difoto dari sampel bijih emas koleksi Z. Tain)



Gambar 2. Sebaran cebakan emas aluvial hasil dispersi dari cebakan emas primer, G. Pani (modifikasi dari Gunradi dkk, 2003 dan Suhandi dkk, 2005)

(Gambar 1). Akibat proses tersebut, butiran-butiran emas pada cebakan emas sekunder cenderung lebih besar dibandingkan dengan butiran pada cebakan primernya (Boyle, 1979).

Proses erosi, transportasi dan sedimentasi yang terjadi terhadap hasil disintegrasi cebakan emas primer menghasilkan cebakan emas letakan/aluvial. Emas letakan dapat berada pada tanah residu dari cebakan emas primer, sebagai endapan koluvial, kipas aluvial, dan umumnya terdapat pada endapan fluvial.

Emas aluvial dapat membentuk sumber daya yang besar, apabila permukaan tubuh bijih yang tererosi merupakan sumber dispersi luas. Tubuh bijih yang berpotensi menghasilkan cebakan emas letakan/aluvial ekonomis harus mempunyai dimensi sebaran besar dan luas. Cebakan emas aluvial dapat berupa hasil dispersi dari cebakan bijih emas primer (Gambar 2), atau hasil pengendapan ulang dari cebakan emas aluvial yang lebih tua.

Eksplorasi yang telah dilakukan di Indonesia dilakukan berdasarkan model klasik, dengan asumsi bahwa akumulasi emas dihasilkan oleh proses secara gravitasional dan mekanis. Sementara menurut Seeley dan Sender (1994 dalam Van Leeuwen 1994) bahwa pada beberapa cebakan di Kalimantan mempunyai genesa berbeda, yaitu berupa dispersi emas dalam bentuk koloid asam organik yang berasal dari daerah endapan teras, yang membentuk agregasi emas dari koloid tersebut pada daerah aluvial sebagai akibat pencampuran air tanah bersifat asam tersebut dengan air permukaan.



Gambar 3. Dataran aluvial mengandung emas, Bungotebo, Jambi (Gurniwa & Suprpto, 1993)



Gambar 4. Nuggets emas aluvial, Legare, Nabire, Papua

Karakteristik Cebakan

Sebaran cebakan emas aluvial pada umumnya menempati cekungan Kuarter, berupa lembah sungai yang membentuk morfologi dataran atau undak (Gambar 3). Cebakan terdiri dari bahan bersifat lepas, atau belum terkonsolidasi secara sempurna, berukuran pasir kerakal, dapat berselingan dengan lapisan lempung dan atau lanau.

Lapisan pembawa emas, berbentuk lapisan tunggal atau perulangan, kemiringan relatif datar, ketebalan hingga beberapa meter dengan kedalaman relatif dangkal. Kelimpahan kandungan emas ke arah vertikal dan lateral sangat heterogen (erratic). Bentuk butiran emas umumnya cenderung pipih (Gambar 4).

Endapan pembawa emas aluvial disusun oleh fragmen dan matriks, terpilah buruk sampai baik. Fragmen berukuran kerikil sampai kerakal, kadang disertai berangkal sampai bongkah, umumnya berbentuk membulat. Matriks berukuran pasir terdiri dari mineral berat dan mineral ringan. Jenis mineral berat tergantung pada jenis batuan induk serta tipe mineralisasi dari endapan emas primernya, umumnya berupa magnetit dan ilmenit, dan dapat disertai monasit, pirit, arsenopirit, kasiterit, wolframit, shilit, sinabar, bismuth, galena, platinoid, turmalin, garnet, kromit, rutil, barit, korundum, zirkon dan limonit. Jenis mineral ringan umumnya feldspar dan kuarsa.

Mineral/ Bahan ikutan

Fragmen dan matriks penyusun cebakan emas aluvial dapat berpotensi menjadi produk sampingan dari tambang emas aluvial (Tabel 1) yang dapat bernilai ekonomis. Pada tahap pengolahan mineral berat sebagai bagian dari penyusun matriks dapat ikut terpisahkan/termurnikan sehingga dapat meningkatkan nilai ekonominya.

Fragmen silika, dan bahan lain dengan bentuk membulat, berpeluang juga menjadi bernilai ekonomis, yang bisa digunakan untuk ornamen. Fragmen silika sebagai batu mulia biasa digunakan untuk pembuatan batu cincin (Gambar 8.c).

Bahan Galian Lain

Bahan galian lain, umum terdapat pada pertambangan emas aluvial dapat berupa lapisan penutup dan atau sisipan yang antara lain terdiri dari lempung kaolin, pasir kuarsa, dan gambut.

Tipe Cebakan Emas Aluvial

Cebakan emas letakan/ aluvial dapat dijumpai berupa tanah lapukan dari cebakan bijih emas primer (eluvial), endapan koluvial, endapan fluviatil dan endapan pantai.

Tabel 1. Batuan asal endapan aluvial dan mineral/ bahan ikutan (modifikasi dari Macdonald, 1983)

Batuan Asal	Mineral/ Bahan Ikutan
Ultramafik dan mafik	Kelompok mineral platina (PGM)
Granitoid, pegmatit dan greisen	Kasiterit, monasit, zirkon, rutil,
Basaltis	Magnetit, ilmenit
Sienitik dan pegmatit	Zirkon, mineral tanah jarang termasuk uranium dan mineral mengandung thorium
Metamorfik kontak-skarn	Scheelite, rutil, korundum
Kimberlit	Intan
Metamorfik tingkat tinggi	Rutil, zirkon, <i>gemstone</i>
Busur serpentin	Platinum, kromit, magnetit
Karbonatit	Rutil, ilmenit, magnetit, mineral tanah jarang, uranium, niobium, thorium, zirkon
Beberapa jenis batuan	Aneka bahan

Cebakan emas pada tanah lapukan dari cebakan emas primer mempunyai sumber daya kecil, umumnya berasal dari batuan resisten yang cenderung membentuk morfologi terjal, sehingga tanah penutup cenderung tipis dan mudah tererosi. Sebagai contoh, cebakan jenis ini dapat dijumpai di puncak Gunung Pani dan sekitarnya, dimana sebagian telah ditambang oleh masyarakat dengan cara tambang semprot, (Gambar 5.a).

Cebakan emas koluvial mempunyai pemilahan buruk, fragmen penyusun berukuran bervariasi hingga dapat mencapai ukuran bongkah. Penyebaran pada daerah sempit di sekitar tekuk lereng perbukitan (Gambar 5.b).

Pada alur sungai stadia muda, cebakan emas aluvial dapat dijumpai berupa sebaran sempit pada sepanjang badan sungai, dengan fragmen penyusun umumnya berukuran kasar, sebagian besar mengandung bongkah (Gambar 5.c).

Pada endapan fluviatil stadia dewasa sampai tua dapat dijumpai cebakan emas dengan sebaran luas. Ketebalan aluvial mengandung emas dapat mencapai beberapa meter, lebar beberapa ratus meter dan panjang beberapa kilometer (Gambar 2, 3 & 6).

Selain umumnya terdapat pada endapan berumur Resen - Kuarter, cebakan emas letakan dapat dijumpai juga pada batuan lebih tua berupa konglomerat, seperti contoh konglomerat alas mengandung emas yang dijumpai di daerah Topo, Nabire, Papua, (Gambar 5.d).



Gambar 5. Tipe cebakan : (a) emas pada tanah lapukan dari cebakan emas primer ditambang dengan cara semprot, G. Pani, Gorontalo; (b) cebakan emas koluviial, G. Pani, Gorontalo; (c) cebakan emas pada alur sungai stadia muda, dan pemasangan Sluice box untuk perangkap emas yang terbawa aliran sungai, G. Pani, Gorontalo; (d) cebakan emas berupa konglomerat alas ditambang dengan cara diterowong, Topo, Nabire, Papua

Cebakan emas aluvial yang umum ditemukan di Indonesia adalah dalam bentuk endapan kipas aluvial, endapan gravel bars, endapan channel, endapan dataran banjir, dan endapan pantai.

Berdasarkan hasil eksplorasi pada beberapa daerah prospek, sumber daya yang terbentuk pada setiap daerah prospek menunjukkan kuantitas kurang dari 10 ton emas (Tabel 2).

CEBAKAN EMAS ALUVIAL DI INDONESIA

Sejarah

Emas sebagai salah satu komoditas tambang sudah dikenal dan diusahakan di Indonesia sejak lebih dari seribu tahun yang lalu. Pendatang dari Cina telah menambang cebakan emas aluvial di Kalimantan pada abad keempat. Kegiatan tambang dalam dan tambang aluvial marak dilakukan oleh emigran Hindu dan masyarakat setempat di Sumatera dan Sulawesi Utara. Tercatat pada manuskrip Cina berumur lebih dari 1000 tahun, yang telah menggambarkan kekayaan emas di Kepulauan Indonesia serta tentang adanya

beberapa tambang emas (Van Leeuwen, 1994).

Cebakan emas aluvial di Daerah Monterado, Kalimantan Barat pernah diusahakan oleh pendatang dari Cina pada awal abad 18 (Keyser & Sinay, 1993). Prospek di daerah Sungai Gambir, Bungotebo, Jambi, pada tahun 1992, setelah dilakukan pengupasan lapisan penutup berupa lempung dengan ketebalan sekitar dua meter, pada lapisan kaya emas di bawahnya dijumpai keramik Cina berupa cawan, sehingga ada kemungkinan prospek tersebut pernah diusahakan. Demikian juga cebakan emas di Daerah Meulaboh, NAD, dan Logas, Riau, pernah ditambang pada masa pendudukan Belanda dan Jepang (Van Leeuwen, 1994).

Potensi Emas Aluvial

Cebakan emas aluvial di Indonesia banyak dijumpai di Kalimantan, Sumatera, Sulawesi dan Papua. Emas aluvial dengan sumber daya kecil dijumpai juga di P. Jawa, yaitu di Banyumas, Jawa Tengah. Cebakan emas aluvial di Indonesia umumnya pernah diusahakan, sehingga potensi pada saat ini merupakan sumber daya tersisa dari aktifitas penambangan pada masa lalu.

Eksplorasi emas aluvial secara besar-besaran pernah dilakukan pada tahun 1980-an sampai dengan awal tahun 1990-an, terutama di Kalimantan dan Sumatera, oleh pelaku usaha pertambangan yang sebagian besar bersekala kecil sampai menengah. Eksplorasi dilakukan pada daerah yang umumnya telah diketahui sebelumnya sebagai sumber keterdapatan emas, yaitu telah ditambang baik oleh pendatang dari Cina atau Belanda, maupun penduduk setempat. Daerah target eksplorasi dengan kondisi geologi berupa endapan gravel Resen Kuarter dari endapan sungai aktif, endapan sungai purba yang telah tertimbun, serta paleodrainages (Van Leeuwen 1994).

Sumber daya dan cadangan emas pada beberapa daerah prospek (Tabel 2) telah ditambang oleh pemilik usaha pertambangan, akan tetapi secara keseluruhan hanya berlangsung beberapa tahun dan berakhir dengan masih menyisakan sebagian besar sumber dayanya (Gambar 6). Beberapa faktor penyebab terutama adalah estimasi cadangan terlalu spekulatif, peralatan tidak sesuai, dan pembengkakan biaya operasional, sehingga mempengaruhi nilai ekonomi perusahaan pertambangannya (Van Leeuwen, 1994).

Meskipun cebakan emas letakan/aluvial umumnya pernah diusahakan, namun potensi bahan galian tertinggal berupa cebakan emas insitu dan komoditas bahan galian yang terkandung pada tailing masih berpeluang untuk diusahakan.

POTENSI PENGEMBANGAN

Penambangan dan Pengolahan

Cebakan emas aluvial umumnya terdiri dari bahan berifat lepas, berada pada permukaan atau dekat permukaan, sehingga penambangan yang sesuai adalah dengan cara tambang terbuka.

Penambangan didahului dengan pengupasan lapisan penutup (Gambar 7). Selanjutnya dilakukan pelumpuran terhadap endapan aluvial melalui penyemprotan agar bisa dihisap menggunakan pompa penghisap, kemudian



Gambar 6. Konsentrator Knelson terbengkelai menjadi besi tua, bekas tambang emas aluvial di Bungotebo, Jambi (Pohan dkk, 2004)

diproses menggunakan konsentrator, sluice box atau meja goyang. Pengolahan selain menghasilkan emas juga mineral berat yang ikut terpisahkan dan dapat menjadi bernilai ekonomis.

Penambangan oleh masyarakat pada cebakan emas aluvial dengan penutup berupa lapisan lempung, dilakukan dengan cara semprot yang dimulai dari lapisan penutup tersebut, sehingga menimbulkan dampak pelumpuran dan pendangkalan yang sangat hebat pada daerah hilir.

Penambangan dengan cara tambang dalam dapat dilakukan juga antara lain pada cebakan emas berupa konglomerat alas (Gambar 5.d), namun mengingat sebaran cebakan yang kecil dan tidak teratur, maka cara ini hanya dilakukan dalam skala kecil oleh masyarakat.

Kegiatan penambangan dan pengolahan emas aluvial oleh masyarakat, umumnya tanpa upaya memanfaatkan mineral ikutan, sehingga terbuang bersama tailing.

Proses pengolahan di beberapa lokasi tambang yang dilakukan oleh masyarakat, untuk meningkatkan perolehan emas, digunakan merkuri (proses amalgamasi) untuk menangkap emas terutama yang berbutir sangat halus.

Komoditas Bahan Galian

Bahan galian yang terkandung pada cebakan emas aluvial, selain emas sebagai komoditas utama, terdapat mineral/ bahan ikutan yang kemungkinan berpotensi ekonomis. Mineral/ bahan ikutan tersebut sebagai matriks maupun fragmen dari endapan aluvial.

Sumber daya emas aluvial pada beberapa daerah prospek, umumnya telah dimanfaatkan, baik oleh pelaku usaha pertambangan maupun masyarakat. Kegiatan penambangan sebagian masih berlangsung sampai saat ini, sehingga sumber daya emas aluvial tersisa dalam kondisi insitu berjumlah relatif sedikit. Akan tetapi mengingat



Gambar 7. Pengupasan lapisan penutup cebakan emas aluvial, Bungotebo, Jambi (Gurniwa & Suprpto, 1994)

perkembangan kebutuhan komoditas tertentu seperti zirkon dan pasir besi yang terkandung juga sebagai mineral/ bahan ikutan pada cebakan emas aluvial, maka bahan galian pada beberapa wilayah bekas tambang emas aluvial, khususnya yang tersisa dalam bentuk tailing, dapat diolah kembali untuk memperoleh mineral/bahan ikutannya yang pada masa lalu belum mempunyai nilai ekonomis.

Kandungan mineral ikutan berupa zirkon pada tailing tambang emas aluvial, di beberapa daerah prospek di Kalimantan telah diusahakan, di antaranya bekas tambang emas aluvial di S. Sekonyer (Rohmana dan Gunradi, 2006) sebaran tailing seluas 3.777 Ha, volume 94.425.000 m³ @ 894 gr/m³ zirkon, dari pengolahan oleh tambang rakyat telah dihasilkan ± 50.968 ton zirkon, sumber daya zirkon yang masih tersisa ± 33.979 ton. Kandungan emas pada tailing @ 1,986 mg/m³, sumber daya emas pada tailing sebesar ± 187 kg berpotensi menjadi produk sampingan dari pengolahan zirkon (Gambar 6.a & 11).

Selain perolehan zirkon, tailing tambang emas aluvial telah dimanfaatkan juga kandungan pasir besinya (Gambar 6.b), batu mulia berupa fragmen silika (Gambar 6.c) untuk batu cincin, serta pemanfaatan tailing sebagai sirtu untuk bahan bangunan (Gambar 6.d). Pengolahan kembali tailing tambang emas aluvial untuk mendapatkan komoditas ikutannya, umumnya masih menghasilkan juga emas.

Sekala Usaha

Sekala usaha yang layak dalam rangka pemanfaatan cebakan emas aluvial dapat ditentukan berdasarkan dimensi dan kondisi sebaran dari cebakan.

Emas aluvial mempunyai karakteristik yang memungkinkan dikembangkan untuk usaha pertambangan sekala kecil. Sebaran cebakan emas dengan sumber daya kecil dapat dijadikan lahan usaha sekala kecil, sementara sumber daya berdimensi besar lebih layak untuk sekala usaha lebih besar.

Cebakan dengan sebaran luas dan dalam memerlukan peralatan dengan kapasitas besar untuk penambangan dan pengolahannya. Cebakan ini umumnya berupa endapan fluvial yang terbentuk pada stadia sungai dewasa sampai tua, dimana dataran aluvial terbentuk luas dan relatif tebal, peralatan berat dengan kapasitas besar diperlukan untuk menambang dan mengolah cebakan.

Cebakan emas aluvial dengan lebar sebaran hanya beberapa meter dan relatif dangkal, dan sumber daya emas kecil, tidak memungkinkan ditambang dengan menggunakan peralatan berkapasitas besar. Cebakan tersebut lebih layak untuk pertambangan rakyat/ sekala kecil.

Hasil pengusahaan sumber daya emas dengan melibatkan pelaku usaha pertambangan diharapkan dapat menjadi andalan bagi pendapatan daerah setempat, dimana pelaku usaha pertambangan dapat berasal dari daerah setempat atau daerah lain. Sedangkan pengembangan sumber daya emas aluvial untuk pertambangan rakyat sebaiknya diprioritaskan bagi penciptaan lapangan kerja untuk masyarakat setempat (Gambar 5, 8 & 10).

Lingkungan

Penambangan menggunakan peralatan berkapasitas besar harus dikelola dengan menerapkan prinsip good mining practice dan kaidah konservasi secara ketat. Pengoperasian peralatan berat mempunyai daya ubah lingkungan tinggi, sehingga untuk pengendaliannya diperlukan pembinaan dan pengawasan secara berkesinambungan oleh pemerintah.

Penambangan dengan menyemprot lapisan lempung harus dihindari dengan cara mengupas terlebih dahulu lapisan tersebut, yang di kemudian hari akan digunakan untuk menutup kembali pada saat reklamasi (Gambar 9).

Untuk mencegah kerusakan lingkungan, terutama di wilayah penambangan emas oleh masyarakat perlu dilakukan pengaturan dan pembatasan terhadap jenis dan kapasitas peralatan yang digunakan, serta jarak/ kerapatan lokasi antar masing-masing kelompok penambang. Hal ini antara lain untuk mencegah efek peningkatan kekeruhan pada aliran sungai dan erosi yang dapat menyebabkan pendangkalan di daerah hilir. Mengingat pertambangan oleh masyarakat setempat umumnya tanpa diikuti pelaksanaan reklamasi, maka dengan pengaturan tersebut dapat mencegah perubahan lingkungan dan diperhitungkan dapat memulihkan lahan bekas tambang secara alami (Gambar 10).

Cebakan emas aluvial dengan karakteristik bersifat lepas, dan emas sudah dalam bentuk logam (native), cukup diolah dengan cara pemisahan secara fisik dan dihindari pengolahan menggunakan merkuri

DISKUSI DAN KESIMPULAN

Cebakan emas aluvial dengan sebaran berada pada permukaan atau dekat permukaan mudah dikenali, umumnya merupakan daerah prospek emas aluvial yang sudah dimanfaatkan oleh masyarakat. Cebakan emas aluvial mempunyai karakteristik yang memungkinkan untuk ditambang dan diolah dengan menggunakan peralatan sederhana berkapasitas kecil, sehingga sangat berpotensi untuk dikembangkan menjadi usaha pertambangan rakyat.



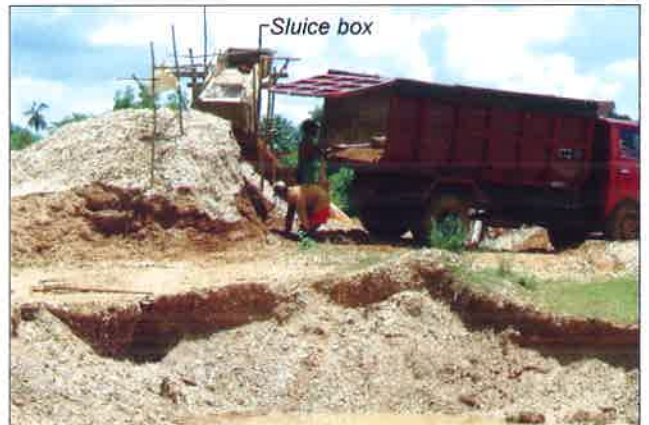
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 8. Komoditas lain pada tambang emas aluvial : (a) pengolahan zirkon dari tailing tambang emas aluvial, Kotawaringin Barat, Kalteng (Rohmana dan Gunradi, 2006); (b) pengambilan pasir besi dan mineral berat lainnya (gundukan) dari tailing tambang emas aluvial, Monterado, Kalbar; (c), A. batu cincin bahan dari fragmen silika cebakan emas aluvial, B. fragmen silika pada cebakan emas aluvial, Cempaka, Banjar, Kalsel; (d) pemanfaatan Sirtu dari tailing tambang emas aluvial, Tanah Laut, Kalsel (Juliawan dan Jaenudin, 2007)



Gambar 9. Reklamasi bekas tambang emas aluvial dengan mengembalikan lapisan tanah penutup berupa lempung, Bungotebo, Jambi (Gurniwa & Suprpto, 1994)



Gambar 10. Pendulangan emas, aliran air sungai masih tetap jernih, Sarolangun, Jambi (Djunaedi dkk, 2006)

Daerah prospek emas aluvial di Indonesia umumnya pernah diusahakan baik oleh pelaku usaha pertambangan maupun penduduk setempat. Sumber daya yang ditemukan umumnya kurang dari 10 ton logam emas. Kegiatan usaha pertambangan emas aluvial yang marak dilakukan pada tahun 1980-an sampai dengan tahun 1990-an seluruhnya telah berakhir. Pengakhiran kegiatan pertambangan bukan saja terjadi pada tahap produksi, tetapi juga tahap eksplorasi, sehingga menyisakan sumber daya yang belum dimanfaatkan.

Bekas tambang emas aluvial umumnya menghasilkan tailing yang masih berpotensi untuk diusahakan. Tailing tambang emas aluvial dapat diolah kembali untuk menghasilkan emas maupun komoditas yang berasal dari bahan/ mineral ikutannya.

Kegiatan penambangan emas aluvial yang dilakukan oleh masyarakat umumnya tidak diikuti dengan pelaksanaan reklamasi lahan, sehingga tailing dengan penyusun utama pasir dan gravel dibiarkan berada pada permukaan tanpa upaya untuk menutup kembali. Kondisi tersebut dapat lebih memudahkan dalam upaya pemanfaatan kembali tailing, dimana dalam pengolahan tanpa harus didahului dengan proses pengupasan.

Potensi emas aluvial yang umumnya kecil, dapat dengan mudah diolah melalui pemisahan logam emas dengan peralatan sederhana, layak untuk pengembangan usaha pertambangan skala kecil atau pertambangan rakyat.

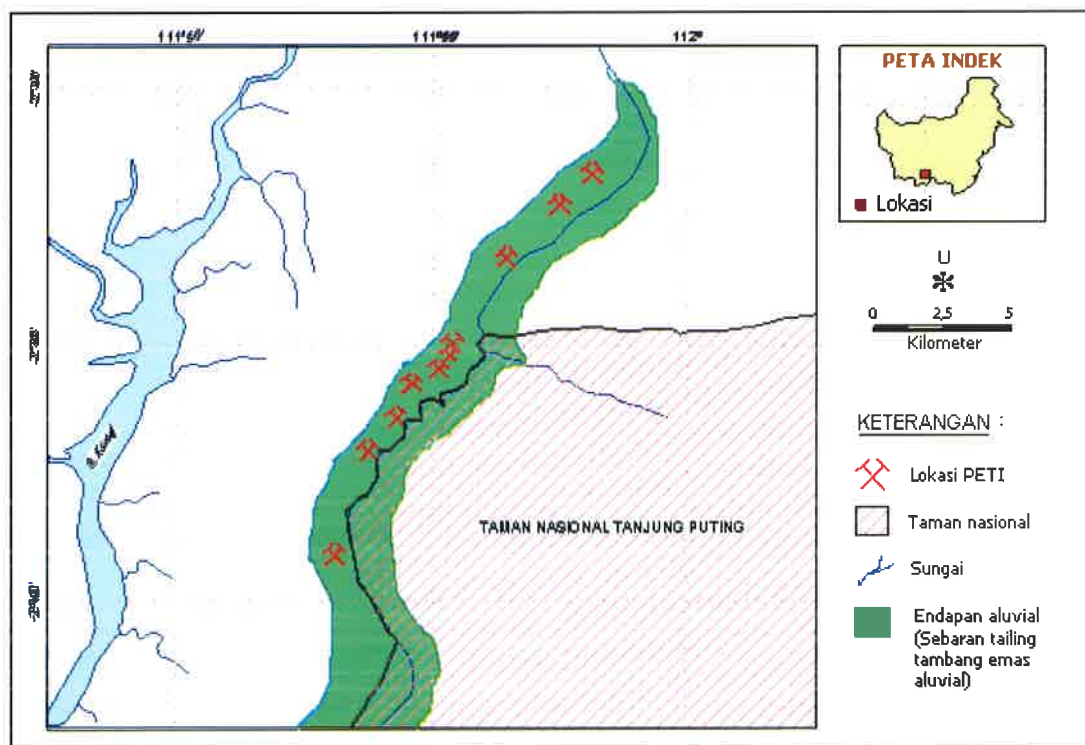
Agar tingkat kerusakan lingkungan dapat ditekan seminimal mungkin sehingga percepatan perubahan lingkungan sejalan dengan pemulihan secara alami, maka pengembangan wilayah prospek emas aluvial untuk pertambangan skala kecil atau pertambangan rakyat, perlu disertai pengaturan terhadap jenis, kapasitas, dan jumlah peralatan yang digunakan, serta jumlah penambang atau kelompok penambang.

Proses pemurnian untuk menghasilkan komoditas yang berasal dari mineral ikutannya dapat dilakukan dengan konsep custom plant. Pemurnian dapat dilakukan oleh pihak ketiga yang menjual jasa proses pemurnian atau dapat membeli bahan untuk dimurnikan yang berasal dari hasil pengolahan oleh tambang skala kecil atau tambang rakyat.

Meskipun penggunaan merkuri (amalgamasi) untuk menangkap emas dapat lebih meningkatkan perolehan pada proses pengolahan, namun mengingat potensi merkuri terbuang dan dapat mencemari lingkungan tinggi, maka perlu dihindari penggunaannya, pengolahan emas aluvial cukup dilakukan dengan proses pemisahan secara fisik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih disampaikan kepada rekan-rekan di Kelompok Program Penelitian Konservasi atas bantuan dan kerjasamanya, serta Ir. Danny Z Herman, M.Sc atas saran dan koreksinya.



Gambar 11. Peta sebaran tailing tambang emas aluvial dan lokasi tambang zirkon (modifikasi dari Rohmana dan Gunradi, 2006)

Tabel 2. Sumber daya emas aluvial pada beberapa daerah prospek (Van Leeuwen, 1994 & Sujono, 2004)

NO	LOKASI PROSPEK	SUMBER DAYA	STATUS
1	S. Woyla, NAD	11.500.000 m ³ @ 196 mg/ m ³	terbukti
2	Tanah Gayo, NAD	15.000.000 m ³ @ 196 mg/ m ³	tereka
3	Bengkalis, Riau	45.000.000 m ³ @ 180 mg/ m ³	tereka
4	Sengingi, Riau	1.124.512 m ³ @ 164 mg/ m ³ 307.545 m ³ @ 164 mg/ m ³ 59.470.542 m ³ @ 280 mg/ m ³	terukur tereka terindikasi
5	S. Raya, Kalbar	95.510.000 m ³ @ 182 mg/ m ³	terukur
6	Mentaya, Kalteng	24.816.666 m ³ @ 360 mg/ m ³	terukur
7	Ampalit, Kalteng	42.000.000 m ³ @ 280 mg/ m ³	terukur
8	Kasongan, Kalteng	24.000.000 m ³ @ 220 mg/ m ³	terindikasi
9	Cempaka, Kalsel	30.000.000 m ³ @ 800 mg/ m ³	tereka
10	S. Marah, Kaltim	52.500.000 m ³ @ 120 mg/ m ³	hipotetik
11	Batuludung, Sulut	61.761.250 m ³ @ 102 mg/ m ³	tereka
12	Ellahula, Kalteng	9.600.000 m ³ @ 333 mg/ m ³	terukur
13	Tewah, Kalteng	16.200.000 m ³ @ 273 mg/ m ³	terukur

ACUAN

Boyle, R.W., 1979. The Geochemistry of Gold and Its Deposits. *Geological Survey Buletin* 280. Quebec, Canada.

Djunaedi, E.K., dan Pertamina, Y., 2006. Inventarisasi Potensi Bahan Galian pada Wilayah PETI, Daerah Sarolangun, Jambi, *Pusat Sumber Daya Geologi*, Bandung

Gunradi, R., Ta'in, Z., dan Said, A., 2003. Pemantauan dan Evaluasi Konservasi Sumber Daya Mineral Daerah G. Pani, Boalemo, Gorontalo, *Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral*, Bandung

Gurniwa, A., dan Suprpto S.J., 1993. Eksplorasi Emas Aluvial di Daerah Benit, *PT. Allindo Mitrasarana*, Muarabungo

Gurniwa, A., dan Suprpto S.J., 1994. Eksplorasi Emas Aluvial di Daerah Benit dan Mengkuang, *PT. Allindo Mitrasarana*, Muarabungo

Gurniwa, A., dan Suprpto S.J., 1995. Eksplorasi Emas Aluvial di Daerah Tambang Cucur, *PT. Allindo Mitrasarana*, Muarabungo

Juliawan, N. dan Jaenudin, 2007. Inventarisasi Bahan Galian Pada Wilayah Bekas Tambang, Daerah Pontain, Tanah Laut, Kalsel, *Pusat Sumber Daya geologi*, Bandung.

Keyser, F & Sinay, J.N., 1993. History of Geoscientific in West Kalimantan, Indonesia, *Journal of Australian Geology & Geophysics*, NSW.

Van Leeuwen, T.M., 1994. 25 Years of Mineral Exploration and Discovery in Indonesia, Elsevier, Amsterdam

Macdonald, E.H., 1983. Alluvial Mining, Chapman and Hall, New York

Pohan, M.P. dan Putra, C., 2004. Evaluasi Pemanfaatan Bahan Galian pada Bekas Tambang dan Wilayah PETI, Daerah BungoTebo, Jambi, *Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral*, Bandung

Rohmana dan Gunradi, R., 2006. Inventarisasi Bahan Galian Pada Wilayah PETI, Daerah Kotarawaringin Barat, Kalimantan Tengah, *Pusat Sumber Daya Geologi*, Bandung

Suhandi, Suprpto S.J., dan Putra C., 2005. Pemetaan Penyebaran Merkuri Akibat Pertambangan, *Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral*, Bandung

Sujono, 2004. Penambangan dan Pengolahan Emas di Indonesia. Geologi dan Mulajadi Emas, *Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara*, Bandung

Widhiyatna, D., dan Suprpto S.J., 2006. Inventarisasi Potensi Bahan Galian pada Wilayah PETI, Daerah Nabire, Papua, *Pusat Sumber Daya Geologi*, Bandung

SEJARAH MINERALOGI

Ketertarikan manusia pada mineral pertamakali bermula dari pemakaian mineral sesuai kebutuhan maupun sebagai material decorative. Dalam tulisan-tulisan kuno banyak disebutkan berbagai mineral terutama berkaitan dengan kegunaannya sebagai perhiasan dan juga sebagai benda yang berkaitan dengan mistik. Tulisan tertua yang ditemukan dalam sejarah yang membahas tentang mineral berjudul "Vedas" ditulis pada tahun 1100 BCE. Sedangkan tulisan ilmiah pertama tentang mineral, ditulis Theophrastus (370-287), salah seorang murid Aristotle, dengan judul History of Stones. Tulisan ini membahas karakteristik mineral.

Pliny the Elder (23-79CE) mendokumentasikan pengetahuan tentang mineral yang dikenal pada masa ia hidup, dalam ensiklopedi berjudul Historia Naturalis. Lebih kurang 5 volume dari ensiklopedi tersebut membahas aspek-aspek praktis dari mineral termasuk tentang pembuatan batumulia palsu. Topik terakhir sangat laku ketika Kaisan Romawi Diolectian, memerintahkan untuk menghancurkan semua buku yang mendeskripsikan tentang pemalsuan batumulia pada sekitar tahun 300 CE.

Tulisan ilmiah lainnya tentang mineral ditulis George Baurer seorang tabib kota Joachimsthal di Bohemia. Walaupun ia seorang tabib, Baurer memiliki ketertarikan terhadap industri tambang lokal. Ia mengumpulkan banyak informasi tentang mineral, tata cara penambangan maupun cara peleburannya. Saat itu, belum ada satupun buku yang menjelaskan mengenai hal ini. Buku Baurer berjudul De Natura Fossium (1546) dan De Re Metallica (1556), bisa dianggap memberikan dasar bagi ilmu mineralogi saat ini. Dalam bukunya yang pertama, Baurer menulis tentang klasifikasi mineral berdasarkan sifat-sifat fisiknya seperti warna, kilap, kekerasan, density maupun belahan yang cukup komprehensif pada saat itu. Bukunya yang terakhir malahan memuat informasi yang sangat menarik tentang tata cara penambangan pada saat itu.

Sementara itu, studi modern tentang mineralogi dimulai oleh Johannes Kepler seorang astronom terkenal pada tahun 1611 yang memulai mempelajari bentuk kristal mineral, dilanjutkan oleh Nicolaus Steno pada tahun 1669. Steno mengeluarkan hipotesis yang menyatakan bahwa kristal mineral berkembang tergantung dari partikel-partikel penyusunnya. Ilmu kristalografi itu sendiri mulai berkembang ketika Rene Just Haüy mempromosikan bahwa kristal tersusun oleh suatu unit integral yang membentuk kesamaan. Problem yang muncul dari teori Haüy adalah bahwa pada beberapa mineral seperti misalnya aragonite, walaupun memiliki susunan kimia yang serupa dengan calcite, tetapi memiliki susunan kristal yang berbeda. Persoalan ini dipecahkan oleh Eilhard Mistherlich (1821) yang mengemukakan bahwa sangat mungkin bagi mineral-mineral dengan komposisi yang sama untuk memiliki susunan kristal yang berbeda. Inilah yang dikenal sebagai polymorphism.

Hingga pertengahan abad ke 19 ilmu kristalografi terus berkembang. Enam sistem kristal (isometrik, tetragonal, hexagonal, orthorombic, monoclinic dan triclinic) diperkenalkan oleh Christian Weiss dan Fredrich Mohs. Skala Mohs adalah skala kekerasan mineral yang kita kenal dan digunakan hingga saat ini.

Berkembangnya ilmu kimia kemudian membuka cakrawala baru tentang mineral. Teori atom dan hukum stokiometri menyediakan dasar bagi klasifikasi mineral yang baru berdasarkan komposisi kimianya. Klasifikasi mineral berdasarkan komposisi kimia diperkenalkan oleh Abraham Gottlob Werner dan Jons Jakob Berzelius. Berzelius mengusulkan pengelompokan mineral berdasarkan elemen-elemen elektromagnetik. Klasifikasi ini menghasilkan grup mineral seperti oxides, sulfides, phosphates, nitrates dsb. Klasifikasi mineral modern diperkenalkan oleh James Dwight Dana (1813-1895) dalam bukunya System of Mineralogy (1837) dan Manual of Mineralogy (1848). Dana menggunakan klasifikasi Berzelius dan mengembangkannya untuk semua jenis mineral yang diketahui pada saat itu (sekitar 700 jenis). Klasifikasi inilah yang digunakan hingga saat ini. Semenjak ia diperkenalkan pada tahun 1840, klasifikasi ini terus berkembang hingga dapat mengklasifikasikan lebih dari 3300 jenis mineral pada saat ini.

Ahli geokimia ternama Victor Moritz Goldschmidt adalah seorang ahli yang paling berhasil pada abad ini dalam mengembangkan pengetahuan tentang kimia mineral dan juga hubungan antara mineral-mineral dalam batuan. Goldschmidt dan rekan-rekan kerjanya berhasil menemukan hukum-hukum dasar yang menjelaskan distribusi elemen dalam mineral. Goldschmidt jugalah yang membuka cakrawala pengetahuan baru untuk memahami kejadian dan evolusi bumi.

Ayah dan anak, William Lawrence Bragg dan William Henry Bragg kemudian memperkenalkan cara identifikasi mineral yang lebih akurat dengan menggunakan sinar X. Berkat hasil kerja mereka, pada tahun 1935 struktur dari hampir semua mineral penyusun batuan dapat diketahui. Identifikasi mineral dengan sinar X terus berkembang hingga pada tahun 1980 metoda Rietveld diperkenalkan untuk menentukan jenis mineral dengan menggunakan X-ray powder diffraction data yang dapat mengidentifikasi mineral dalam bentuk amorphous (tanpa kristal). Electron beam juga merupakan salah satu instrumen yang sangat penting bagi para mineralogist, karena bisa memberikan informasi baik morfologi, struktur maupun komposisi suatu mineral. (Tha, sumber: Ensyyclopedia of Earth Sciences)

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, ulasan balik (review) dan ulasan/tinjauan (feature) tentang geologi baik sains maupun terapan terutama berkaitan dengan tugas pokok dan fungsi Institusi Pusat Sumber Daya Geologi. Naskah yang diajukan belum pernah dipublikasikan atau tidak sedang diajukan pada wadah publikasi lain.

Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris sesuai kaidah masing-masing bahasa yang digunakan. Judul naskah ditulis dengan huruf capital di tengah atas halaman dan disetak tebal (bold). Naskah harus selalu dilengkapi dengan Sari dalam bahasa Indonesia dan Abstract dalam bahasa Inggris. Kata-kata bahasa asing yang tidak dapat dialihbahasa/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 pada electronic file dan dicetak dalam kertas HVS; menggunakan huruf Arial berukuran 11 (sebelas) point. Setiap lembar tulisan dalam naskah diberi nomor halaman dengan jumlah maksimum 15 halaman termasuk tabel dan gambar. Susunan naskah dibuat sebagai berikut :

Judul (Title). Pada halaman judul makalah/karya tulis dicantumkan nama setiap penulis dengan jumlah penulis maksimum 5 (lima) orang, nama dan alamat institusi bagi masing-masing penulis; disarankan dibuat catatan kaki yang berisi nomor telepon, faxsimile serta e-mail.

Sari dan Abstract. Berisi ringkasan pokok bahasan lengkap dari keseluruhan isi naskah tanpa harus memberikan keterangan terlalu rinci dari setiap bab, dengan jumlah maksimum 250 kata. Sari dicantumkan terlebih dahulu apabila naskah berbahasa Indonesia, sementara Abstract tercantum di bawah Sari; dan berlaku sebaliknya apabila naskah ditulis dalam bahasa Inggris. Disarankan disertai kata kunci/keyword yang ditulis di bawah Sari/Abstract,

terdiri dari 4 (empat) hingga 6 (enam) kata. Abstract atau sari yang ditulis di bawah sari atau abstract menggunakan italic font. Apabila naskah menggunakan bahasa Indonesia maka Abstract ditulis dengan huruf miring (italic font) dan ditempatkan dibawah Sari, berlaku sebaliknya apabila naskah ditulis dalam bahasa Inggris.⁴

Pendahuluan (Introduction). Bab ini dapat berisi latar belakang, maksud dan tujuan penyelidikan/penelitian, permasalahan, metodologi, lokasi dan kesampaian daerah serta materi yang diselidiki/diteliti dengan bab dan sub-bab tidak perlu menggunakan nomor. Bab berisi pernyataan yang mencukupi hingga sehingga pembaca dapat memahami dan mengevaluasi hasil penyelidikan/penelitian yang berkaitan dengan topik makalah/karya tulis.

Hasil dan Analisis (Results and Analysis). 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. Font huruf/angka untuk keterangan tabel, gambar dan foto berukuran minimum 6 (enam) point.

Pembahasan atau Diskusi (Discussion). Berisi tentang interpretasi terhadap hasil penyelidikan/penelitian dan pembahasan yang terkait dengan hasil-hasil yang pernah dilaporkan.

Kesimpulan dan Saran (Conclusions and Recommendation). Berisi kesimpulan dan saran dari isi yang dikandung dalam makalah/karya tulis.

Ucapan Terima Kasih (Acknowledgements). 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.

Acuan (References). Acuan ditulis dengan menggunakan sistem nama tahun (Harvard), nama penulis/pengarang yang tercantum didahului oleh nama akhir (surename), disusun menurut abjad dan judul makalah/karya tulis ditulis dengan huruf miring (*italic font*).

Beberapa contoh penulisan sumber acuan :

Jurnal

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

Bu k u

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 merubah dan mengurangi 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.

PENGIRIMANNASKAH

Penulis dimohon untuk mengirimkan 1 (satu) eksemplar naskah asli baik hard copy maupun soft copy kepada :

Sekretariat Buletin Sumber Daya Geologi

Sub Bidang Penyediaan Informasi Publik

Gedung Pusat Sumber Daya Geologi

atau

Gedung Mineral Logam (Lantai Dasar), Pusat Sumber Daya Geologi

(a.n. Dra. Ella Dewi Laraswati)

Jl. Soekarno-Hatta No. 444 Bandung 40254

KAMUS GEOLOGI

Dasit

Batuan ekstrusif berbutir halus dengan komposisi umum seperti andesit, tetapi mengandung lebih banyak kuarsa dan lebih sedikit calcic plagioclase.

Deformasi

Istilah struktur yang digunakan untuk menjelaskan perubahan letak, bentuk atau volume dari suatu lapisan batuan setelah lapisan batuan tersebut terbentuk.

Berarti juga istilah umum untuk proses pelipatan, pensesaran, kompresi, atau ekstensi batuan karena pergerakan bumi.

Delta

Endapan sedimen yang terbentuk di mulut sungai ketika akan menuju danau atau laut. Biasanya berbentuk triangular atau seperti kipas. Terbentuk hanya jika tidak ada arus atau gelombang laut yang bisa membawa sedimen saat sedimen tersebut diendapkan.

Detrital

Istilah yang dipakai pada setiap partikel mineral atau batuan, yang terbentuk dari rombakan batuan yang telah ada sebelumnya karena proses pelapukan atau erosi. Detrital mineral adalah mineral-mineral yang stabil secara kimia dan tahan terhadap abrasi mekanik. Beberapa detrital mineral mempunyai nilai ekonomis yang tinggi seperti timah laterit, emas laterit, dan titan laterit.

Dekstral

Istilah yang digunakan untuk sesar mendatar yang menjelaskan arah pergerakan relatif dari setiap sisi, dalam kasus ini yang bergerak adalah sisi kanan.

Eocene

Jangka waktu periode Tersier bawah, setelah Paleosen, sebelum Oligosen.

Epicentre (Epicentrum)

Titik pada permukaan bumi yang berada tepat di atas pusat gempa bumi.

Epidotes

1. Istilah untuk mineral penyusun batuan yang berwarna kuning hijau, kehitanan hijau dengan rumus $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_3\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$. Terbentuk berasosiasi dengan albite dan chlorite sebagai kristal monoklin dalam batuan metamorf tingkat rendah, atau sebagai mineral aksesori pada batuan beku.
2. Kelompok mineral, termasuk didalamnya epidote, zoisite, clinozoisite, piemontite, dan hancockite.

Epithermal

Istilah yang dipakai untuk menunjukkan proses hydrothermal temperatur rendah (100-200 °C)

Facies

Aspek, kenampakan dan karakteristik dari unit batuan yang mencerminkan kondisi pembentukan unit batuan tersebut. Contohnya untuk batuan sedimen kandungan mineral, struktur sedimen, karakteristik perlapisan, kandungan fosil, dsb.

Feldspars

Mineral silikat pembentuk batuan yang paling penting dengan formula umum $\text{MAl}(\text{Al,Si})_3\text{O}_8$, dimana M = K, Na, Ca, Rb, Sr dan Fe. Feldspar merupakan grup mineral penyusun kerak bumi yang paling dominan yaitu sekitar 60%. Terbentuk sebagai komponen dari semua jenis batuan (sekis kristalin, migmatit, gneis, granit, dan batuan magmatik). Feldspar biasanya berwarna putih atau hampir putih, translucent, kekerasan 6 (skala Mohs), monoklin atau triklin. Secara kimia terbagi menjadi 4 grup: potasium feldspar, sodium feldspar, kalsium feldspar dan barium feldspar.

Fine clay

Istilah untuk menyebut partikel lempung dengan diameter antara 1/2048 sampai 1/1024 mm (0,5-1 micron).

-Penny Oktaviani-

Sumber : - Glossary of Geology, American Geology Institute, 1980
- The Penguin Dictionary of Geology, 1982

