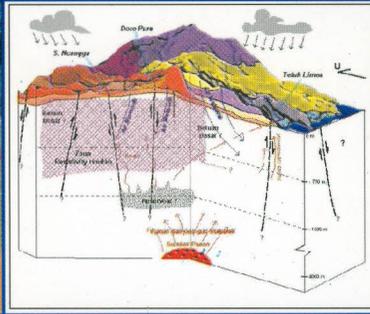
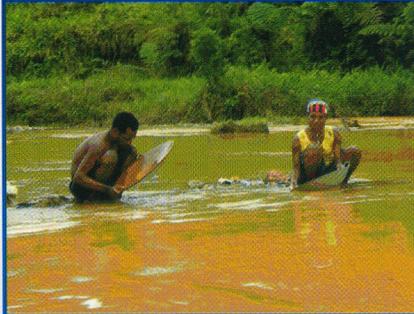


buletin **SUMBER DAYA GEOLOGI**

Volume 1 Nomor 3 - 2006



- **Identifikasi Endapan Point Bar Dalam Kaitannya Dengan Cebakan Emas Placer Daerah Aliran S.boyon, Kecamatan Boyan Tanjung Kapuas Hulu, Kalimantan Barat**
- **Kajian Awal Potensi Batubara Untuk Tambang Dalam Bawah Tanah Daerah Bontang Dan Sekitarnya, Provinsi Kalimantan Timur**
- **Prospek Pemanfaatan Endapan Lempung Danau Limboto Sebagai Bahan Baku Semen**



Pusat SumberDaya Geologi

buletin **SUMBER DAYA GEOLOGI**

Volume 1 Nomor 3 - 2006

PENGANTAR REDAKSI

Para pembaca yang budiman,

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, di penghujung tahun 2006 ini bulletin kita bisa terbit kembali. Ada 6 tulisan ilmiah serta 1 draft pedoman teknis yang disajikan dalam Buletin edisi ini. Tulisan ilmiah muncul dari seluruh kelompok kerja serta ditulis rata-rata oleh para pejabat fungsional penyelidik bumi atau perekayasa. Sayangnya, masih belum ada tulisan dari para pejabat fungsional lainnya seperti litkayasa atau pranata komputer. Kami mengundang partisipasi para pejabat fungsional tersebut untuk menulis dalam buletin ini. Para penulis luar Pusat Sumberdaya Geologi tentunya juga sangat ditunggu partisipasinya.

Dalam rapat sidang redaksi sebelum pencetakan, mencuat penilaian, bahwa tulisan yang masuk ada beberapa yang belum layak tayang. Munculah keinginan untuk meningkatkan mutu karya tulisan yang akan dimuat untuk edisi-edisi Buletin berikutnya. Dalam pertemuan itu disepakati bahwa untuk selanjutnya mutu tulisan diharapkan bisa terus meningkat. Tentunya harus ada kriteria yang baku, agar suatu tulisan yang masuk bisa dikatakan bermutu. Misalnya saja untuk suatu karya ilmiah, hipotesa harus dibuat berdasarkan fakta yang muncul, penyelidikan dilakukan dengan metoda analisis yang benar dan sintesa berdasarkan data dan fakta yang cukup banyak sehingga bisa disimpulkan kecenderungannya. Suatu gagasanpun harus berdasarkan fakta atau gejala yang muncul dipermukaan bumi. Selain itu etika penulisan juga harus diperhatikan, penyitiran pendapat, data dan penerbitan harus jelas agar bisa dikonfirmasi dan dibedakan antara pendapat penulis dan pendapat penulis sebelumnya yang disitir.

Tetapi untuk suatu buletin yang menurut kamus mempunyai padanan kata kalawarta yang berarti pengumuman singkat terakhir, atau siaran singkat kabar terakhir yang disiarkan secara berkala, apa tidak terlalu mendekati ke jurnal ilmiah bila mengacu ke persyaratan diatas? Apa seharusnya isi buletin lebih ke sifat beritanya?. Yang jelas, apapun isinya nampaknya kita harus tetap membangun mutu isi dari buletin kita ini. Kalau itu menyangkut berita tentunya harus berita yang benar berdasarkan data yang akurat dan menyangkut kepentingan orang banyak. Kalaupun sebagian isinya tetap merupakan karya ilmiah, tentu juga harus mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah yang lazim. Untuk itu, sebagai panduan, mulai terbitan kali ini kami melampirkan pedoman penulisan karya ilmiah di buletin kita ini.

Dengan berakhirnya tahun 2006, kami akan tetap mempertahankan semangat untuk tatap membangun Buletin Sumber Daya Geologi agar tetap bisa menjadi sarana para peneliti, penyelidik bumi dan yang lainnya untuk berkarya dan merujuk sesuatu. Semoga sumberdaya geologi Indonesia segera dapat kita informasikan kepada masyarakat secara akurat agar lebih mudah dimanfaatkan.

Selamat membaca dan menyongsong tahun 2007 dengan semangat yang lebih tinggi.

Desember 2006

Penanggung Jawab :

Kepala Pusat Sumber Daya Geologi

Wakil Penanggung Jawab :

Kepala Bidang Informasi

DEWAN REDAKSI

Ketua

Agus Pujobroto

Wakil Ketua

Danny Z. Herman

Anggota

Kusdarto

Bambang Pardiarto

S.M Tobing

Rahardjo Hutamadi

Herry Sundoro

Siti Sumilah R.S.

Editor :

Sjafra Dwipa

Herudiyanto

Bambang Tjahjono

Teuku Ishlah

DEWAN PENERBIT

Ketua

S.S. Rita Susilawati

Anggota

Ella Dewi Laraswati

Nandang Sumarna

Komaruddin

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

Cover Belakang :

Andesit kekar lembar di Wologai Detusoko, Kab. Ende, NTT
(Foto : Koleksi KPP Mineral)

DAFTAR ISI

	Halaman
PEDOMAN PENULISAN MAKALAH ILMIAH	2
MAKALAH ILMIAH	
SUMBER DAYA EMAS PRIMER SEKALA KECIL UNTUK PENGEMBANGAN WILAYAH PERTAMBANGAN RAKYAT DENGAN KONSEP CUSTOM MILL	3
<i>Oleh : Sabtanto Joko Suprpto</i>	
IDENTIFIKASI ENDAPAN POINT BAR DALAM KAITANNYA DENGAN CEBAKAN EMAS PLACER DAERAH ALIRAN S.BOYAN, KECAMATAN BOYAN TANJUNG KAPUAS HULU, KALIMANTAN BARAT . 13	
<i>Oleh : Danny Z Herman</i>	
KAJIAN AWAL POTENSI BATUBARA UNTUK TAMBANG DALAM BAWAH TANAH DAERAH BONTANG DAN SEKITARNYA, PROVINSI KALIMANTAN TIMUR	21
<i>Oleh : Fatimah</i>	
PROSPEK PEMANFAAATAN ENDAPAN LEMPUNG DANAU LIMBOTO SEBAGAI BAHAN BAKU SEMEN	30
<i>Oleh: Kusdarto</i>	
RESERVOAR DAN MODEL PANAS BUMI DI G.PUMA, KABUPATEN DOMPU, P. SUMBAWA BERDASARKAN KARAKTER GEOLOGI, GEOKIMIA DAN GEOFISIKA.....	35
<i>Oleh : Herry Sundhoro, Bambang Sulaeman, Timor Situmorang, Dikdik Risdianto dan Edi Sumardi</i>	
PERENCANAAN EKSPLORASI CEBAKAN NIKEL LATERIT DI DAERAH WAYAMLI, TELUK BULI, HALMAHERA TIMUR, SEBAGAI MODEL PERENCANAAN EKSPLORASI CEBAKAN NIKEL LATERIT DI INDONESIA.....	48
<i>Oleh : Deddy, T. Sutisna, Dwi Nugroho Sunuhadi, Agus Pujobroto dan Danny Z Herman</i>	
PEDOMAN TEKNIS : DRAFT PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA TENTANG KONSERVASI BAHAN GALIAN	57
TOKOH	63
GALERI MINERAL	65
KAMUS GEOLOGI	67
UPGRADE YOUR KNOWLEDGE	68
GALLERI FOTO	69

PEDOMAN PENULISAN

Makalah Ilmiah

ISI DAN KRITERIA UMUM

Naskah makalah/karya tulis ilmiah untuk publikasi di Buletin Sumber Daya Geologi dapat berupa artikel hasil penelitian, ulas balik (review) dan ulasan/tinjauan (feature) tentang geologi baik sains maupun terapan terutama yang 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 dicetak 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 table dan gambar, catatan kaki table, legenda gambar dan daftar acuan diketik satu spasi pada electronic file dan dicetak dalam kertas HVS; dengan huruf yang digunakan arial berukuran 9 point. Setiap lembar tulisan dalam naskah diberi nomor halaman dengan jumlah maksimum sebanyak 15 halaman, termasuk table dan gambar. Susunan naskah dibuat sebagai berikut :

Judul (Title). Pada halaman judul makalah/karya tulis, nama setiap penulis, nama dan alamat institusi bagi masing-masing penulis; disarankan dibuat catatan kaki yang berisi nomor telepon, faximile serta e-mail.

Sari/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/keywiord yang ditulis di bawah sari/abstract terdiri dari 4 hingga 6 kata.

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

Hasil dan analisis (Results and analysis). Berisi hasil-hasil penyelidikan/penelitian yang disajikan dengan tulisan, table, 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 table, grafik, gambar dan foto yang disajikan harus diacu dalam tulisan.

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 dan Recommendation). Berisi kesimpulan dan saran dari isi yang dikandung dalam karya tulis/makalah.

Ucapan Terima Kasih (Acknowledgements). Dapat digunakan untuk menyebutkan sumber dana penelitian/penyelidikan dan untuk pernyataan penghargaan kepada institusi atau orang yang membantu dalam pelaksanaan penyeldidikan/penelitian dan penulisan laporan/karya tulis.

Acuan (Reference). Acuan ditulis dengan menggunakan system nama tahun (Harvard), nama penulis/ pengarang yang tercantum didahului oleh nama akhir (surename), disusun menurut abjad dan judul karya tulis/buku ditulis dengan huruf miring (Italic font).

WEWENANG REDAKSI

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

PENGIRIMAN NASKAH

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

Sekretariat Buletin Sumber Daya Geologi
Sub Bidang Penyediaan Informasi Publik
Gedung Pusat Sumber Daya Geologi (PMG)
Atau

Gedung Mineral Logam PMG, Ruang Perpustakaan
(a.n Dra Ella Dewi Laraswati)

Jl. Soekarno Hatta no 444 Bandung, 40254

SUMBER DAYA EMAS PRIMER SEKALA KECIL UNTUK PENGEMBANGAN WILAYAH PERTAMBANGAN RAKYAT DENGAN KONSEP *CUSTOM MILL*

Oleh :

Sabtanto Joko Suprpto

Kelompok Program Penelitian Konservasi, Pusat Sumber Daya Geologi

SARI

Potensi cebakan emas primer di Indonesia sangat tinggi, dalam bentuk sumber daya sekitar 4.240 ton dan cadangan 3.445 ton logam emas, penyebarannya dapat dijumpai di sebagian besar kepulauan yang ada, telah dimanfaatkan oleh pelaku usaha pertambangan sekala besar maupun kecil, serta PETI. Pengusahaannya diatur dan diawasi oleh pemerintah agar selalu berupaya menerapkan prinsip *good mining practice* dan kaidah konservasi dalam penambangan dan pengolahannya. Pelaku usaha pertambangan sekala kecil umumnya menggunakan peralatan dan teknologi sederhana yang kurang mempertimbangkan aspek perlindungan lingkungan.

Emas terbentuk di alam dalam beberapa tipe cebakan. Sumber daya bijih emas dapat dijumpai dalam dimensi besar dan kecil, kadar emas rendah sampai tinggi, bentuk tubuh bijih sederhana sampai dengan kompleks. Karakteristik kimia dan fisiknya memungkinkan untuk dapat ditambang dan diolah menggunakan peralatan sederhana, hasilnya dapat dijual dengan mudah.

Cebakan bijih emas berdimensi kecil dan kadar tinggi potensial dikembangkan untuk tambang rakyat. Sebaran cebakan bijih emas sekala kecil pada beberapa lokasi, secara keseluruhan dapat merupakan sumber daya yang besar, perlu dikembangkan secara optimal, dengan membangun satu instalasi pengolahan ramah lingkungan, yang dapat pula digunakan untuk melayani pengolahan bijih dari beberapa lokasi tambang dan dikenal dengan *custom mill*.

ABSTRACT

The potency of primary gold ores in Indonesia is so high wherein of about 4.240 tons is in the form of native gold resources and the total native gold reserve amounts to about 3.445 tons. Gold distribution can be found in most islands available through the Indonesian archipelago in which some of them have been profitably mining by big scale mining company or the small one and also by illegal small scale gold mining (PETI). The mining management is regulated and inspected by the government in order to always make an effort in applying the principle of good mining practice and conservation rule in handling the mine and ore processing. Small scale mining entrepreneurs are generally using simple equipments and technology and less concern about aspects of environmental protection.

Gold is naturally occurred in several types of ore deposits. Gold ore resources can be found in large and small dimensions with low up to high grade of gold, within simple up to complex form of ore bodies. From its chemical and physical characteristics it makes possible to be mined and processed using simple equipments and the results can be sold out easily.

Small dimension of gold ore deposits with high grade of gold contents can be potentially developed as people's gold mines. Gathering of some scattered small dimension of gold ore deposits which are relatively close to each other can represent a big gold ore deposit which needs to be developed at the optimum achievement by installing a processing plant that take good care of environment and can also be used as the ore processing service to facilitate for the ore resulted from each of the people's gold mines. This way is very well known as a custom mill.

PENDAHULUAN

Sebaran cebakan emas primer umumnya menempati daerah tinggian dengan morfologi curam, sehingga cenderung merupakan daerah yang relatif terpencil. Pengembangan sumber daya bahan galian tersebut dapat menjadi modal dasar pembangunan wilayah sekitarnya, sebagai sumber pendapatan daerah dan penyedia lapangan kerja.

Potensi cebakan emas primer di Indonesia pada neraca tahun 2005 dalam bentuk sumber daya sekitar 4.240 ton dan cadangan 3.445 ton logam emas. Cebakan emas primer dapat dijumpai dalam bentuk tersebar dan mengisi celah membentuk urat. Cebakan bijih emas tipe tersebar umumnya berkadar rendah, sedangkan urat cenderung berkadar tinggi. Bijih emas tipe tersebar dengan kadar relatif rendah memerlukan cebakan dalam jumlah besar untuk dapat dimanfaatkan secara ekonomis, serta penambangan dan pengolahannya memerlukan teknologi tinggi dan padat modal. Sedangkan cebakan tipe urat dengan kadar relatif tinggi dapat ditambang dan diolah dengan teknologi sederhana dalam bentuk usaha pertambangan sekala kecil.

Sumber daya emas primer sekala kecil merupakan cebakan bijih emas urat kuarsa dengan ketebalan kurang dari satu meter dan panjang beberapa ratus meter, berkadar cukup tinggi, sehingga masih dapat diusahakan secara ekonomis untuk usaha pertambangan sekala kecil. Pada sistem mineralisasi sering dijumpai beberapa urat dengan sumber daya semacam ini pada beberapa lokasi yang berjauhan.

Pertambangan emas primer sekala kecil umumnya mengolah bijih dengan metoda amalgamasi yang mempersyaratkan kadar bijih tinggi untuk dapat dimanfaatkan secara ekonomis. Namun demikian akhir-akhir ini telah digunakan juga pengolahan dengan cara sianidasi yang mengolah bahan baku berupa *tailing* dari hasil proses amalgamasi.

Pengolahan bijih emas dengan metoda amalgamasi dan sianidasi yang dilakukan oleh masyarakat umumnya kurang memperhatikan dampak terhadap lingkungan. Limbah hasil pengolahan terbuang tanpa penanganan, sehingga sangat

berpeluang mencemari lingkungan. Sementara untuk melakukan operasi pengolahan limbah memerlukan teknologi dan keahlian yang memadai.

Untuk mengatasi kendala khususnya dalam pengolahan bijih emas agar diperoleh manfaat optimal dan ramah lingkungan dapat dengan menerapkan konsep *custom mill*, yaitu satu instalasi pengolahan yang dikelola secara sistematis menggunakan teknologi yang tepat guna, efisien dan berwawasan lingkungan, untuk melayani pengolahan bijih yang berasal dari beberapa lokasi tambang.

CEBAKAN EMAS PRIMER

Genesa

Emas primer terbentuk dari hasil aktifitas hidrotermal, yang menghasilkan cebakan dengan komponen utama silika, terdiri dari dua tipe, yaitu tipe tersebar mengisi pori batuan atau *replacement* batuan sampling dan tipe mengisi celah dari kekar atau sesar. Tipe tersebar umumnya mempunyai kadar relatif rendah namun dapat dijumpai berupa tubuh bijih yang sangat besar. Cebakan mengisi celah membentuk bijih emas urat kuarsa/silika (Gambar 1).

Sebaran bijih emas berupa urat kuarsa selain tergantung pada aktifitas hidrotermal, juga sesuai dengan dimensi struktur geologi yang ditempati. Pada zona struktur utama akan membentuk bijih berdimensi besar, sedangkan struktur ikutannya akan menghasilkan tubuh bijih emas urat kuarsa lebih kecil.



Gambar 1. Urat kuarsa, pada tambang rakyat Mamungaa, Gorontalo

Karakteristik

Kandungan emas dalam bijih logam dapat sebagai komponen utama atau komoditas ikutan, hal ini tergantung pada tipe cebakannya. Pada cebakan Cu-Au tipe porfiri komoditas utama berupa tembaga sedangkan emas dan perak sebagai hasil ikutan. Cebakan bijih emas tipe urat kuarsa epitermal, emas sebagai komoditas utama, perak sebagai bahan ikutan.

Sebaran cebakan bijih emas berupa urat kuarsa pada satu wilayah dapat dijumpai dalam bentuk beberapa urat tunggal atau berupa zona urat. Panjang bijih emas urat kuarsa dapat mencapai beberapa kilometer dan ketebalan beberapa meter, dapat pula lebih kecil berupa urat dengan panjang hanya beberapa meter, tebal beberapa sentimeter.

Emas terbentuk di alam berupa emas *native*, elektum, paduan dan telurida, yang paling umum dari keempat jenis tersebut emas *native* dan elektum. Karakteristik penting dari emas yang akan sangat menentukan dalam pemilihan metoda pengolahan yaitu berat jenis emas yang tinggi (15,5 sampai dengan 19,3), sifat pembasahan oleh air raksa dalam media air, dan sifat larut pada sianida encer.

Bijih emas selain mengandung unsur lain sebagai komoditas ikutan yang dapat bernilai ekonomi, sering dijumpai berasosiasi dengan mineral dengan kandungan unsur berbahaya bagi lingkungan. Unsur-unsur tersebut antara lain Hg, As, Cd, dan Pb (Tabel 1).

Cebakan bijih emas dengan karakteristik fisik dan kimianya memungkinkan untuk ditambang dan diolah menggunakan peralatan dan teknologi sederhana, sehingga banyak dijumpai pertambangan emas yang diusahakan oleh masyarakat setempat.

Agar sumber daya bijih emas dapat memberikan manfaat yang optimal perlu diupayakan untuk mengelola seluruh cebakan yang ada, baik yang berdimensi besar maupun kecil. Sumber daya emas dalam dimensi besar lebih layak untuk pelaku usaha pertambangan skala besar, hal ini dikarenakan pada operasi penambangan dan pengolahannya untuk dapat memanfaatkan seluruh

potensi yang ada memerlukan teknologi tinggi, padat modal dan melibatkan beberapa jenis keahlian, serta mempunyai daya ubah lingkungan tinggi, sehingga tidak dapat dikelola secara tradisional dengan peralatan yang sederhana. Sedangkan cebakan skala kecil lebih layak untuk pengembangan pertambangan rakyat (Gambar 9).

Tabel 1.
Rata-rata kandungan unsur (ppm) pada bijih emas di beberapa daerah prospek

LOKASI	Hg	As	Cd	Pb
Cineam	1,788	-	39	701
Sangon	14,15	569	244	1577
G. Pani	1,694	45	2,5	92
G. Gede	139,046	541,6	13,23	820
Pongkor	98,20	46,5	3,75	141
Selogiri	111,4	560	65,1	1198
Cibaliung	3,186	7,8	5	167
Ciberang	2,828	-	4	163

PERMASALAHAN PADA PERTAMBANGAN RAKYAT

Lokasi tambang emas yang dikelola oleh pelaku usaha pertambangan skala besar di Indonesia relatif sedikit dibandingkan jumlah tambang skala kecil yang diusahakan oleh masyarakat. Cebakan bijih emas skala kecil yang tidak diminati oleh pelaku usaha skala besar karena total cadangannya yang kecil namun masih layak untuk usaha pertambangan skala kecil dapat dijumpai di beberapa daerah di Indonesia. Potensi ini perlu dikembangkan secara tepat agar berdaya guna dan berhasil guna.

Tipe atau karakteristik cebakan bijih emas primer yang paling layak untuk pengembangan pertambangan rakyat yaitu tipe urat. Bijih emas tipe urat mudah untuk ditentukan dimensi dan sebarannya, serta dapat ditambang dengan sistim tambang dalam menggunakan peralatan sederhana. Hanya saja pada tahap pengolahan, untuk mendapatkan hasil optimal

dan ramah lingkungan tidak cukup hanya menggunakan teknologi sederhana, akan tetapi perlu pengelolaan yang memerlukan keahlian, teknologi dan modal yang memadai, terutama pada tahap penanganan limbah beracun.

Tambang sekala kecil melakukan usahanya menggunakan peralatan sederhana dan keahlian di bidang pertambangan yang sangat terbatas. Penambang umumnya rakyat setempat dan sebagian pendatang dari daerah lain. Kegiatan penambangan pada suatu wilayah pertambangan rakyat dilakukan oleh beberapa kelompok, yang masing-masing kelompok melakukan kegiatannya secara terpisah. Pencarian cebakan bijih, penambangan, pengolahan sampai dengan penjualan hasil kegiatannya dalam pengelolaan secara terpisah sesuai dengan kelompoknya.

Permasalahan pada pengembangan pertambangan rakyat dapat dijumpai mulai dari tahapan eksplorasi sampai dengan pengolahan dan pengelolaan lingkungan. Sedangkan kasus yang paling menonjol yaitu potensi merusak dan mencemari lingkungan.

Eksplorasi

Tahapan eksplorasi tidak dilakukan secara sistematis oleh penambang sekala kecil. Penentuan keberadaan bijih berdasarkan pada data permukaan. Sebaran bijih emas, lokasi dan arah lubang tambang ditentukan berdasarkan data permukaan, dan semata-mata berdasarkan pengalaman. Kadar emas ditentukan dengan mendulang bagian dari bijih menggunakan piring atau batok kelapa.

Mengingat eksplorasi hanya menggunakan metodologi dan peralatan sederhana maka cebakan yang dapat ditemukan terbatas pada daerah dangkal dan umumnya sebagian telah tersingkap di permukaan. Cebakan bijih emas yang dikelola oleh masyarakat sebagian merupakan temuan hasil eksplorasi pelaku usaha pertambangan sekala besar.

Dengan terbatasnya data eksplorasi maka perencanaan operasional jangka panjang sulit ditentukan, demikian juga kesinambungan pasokan

bijih, sehingga umur tambang secara pasti tidak bisa ditentukan.

Penambangan

Penambangan dilakukan hampir bersamaan dengan kegiatan eksplorasinya atau tidak lama setelah ditemukannya indikasi mineralisasi. Hal ini akibat terbatasnya keahlian dan modal, sehingga operasi produksi tidak didukung oleh data lengkap dan menyeluruh dari wilayah pertambangannya.

Penambangan bijih berupa urat umumnya dengan sistem tambang dalam. Terowong untuk mencapai bijih urat kuarsa menggunakan penyangga kayu. Pada saat melakukan penggalian dengan dipasang *blower* untuk sirkulasi udara, dan pompa penyedot air tanah.

Pengambilan bijih menggunakan pahat dan palu, untuk mengeluarkan bijih dari kedalaman lubang dengan memakai keranjang yang ditarik menggunakan tali dari permukaan. Kedalaman lubang tambang sangat terbatas, umumnya dapat menjangkau kurang dari 100 meter. Satu kelompok penambang biasanya dibagi ke dalam tiga subkelompok yang akan bergiliran menambang dalam waktu 24 jam. Keterbatasan kemampuan dan kapasitas operasional penambangan menyebabkan *recovery* penambangan rendah, sebagai akibatnya sangat berpotensi menyisakan bijih emas.

Pengolahan

Kegiatan operasi produksi berupa penambangan dan pengolahan dilakukan oleh beberapa kelompok pada lokasi yang terpencar mengikuti sebaran bijih yang dijumpai. Masing-masing kelompok melakukan pengolahan secara terpisah, sehingga dampak dari kegiatannya akan tersebar pada areal yang luas, menghasilkan limbah yang tidak terkonsentrasi pada satu lokasi.

Pengolahan bijih emas pada pertambangan rakyat dilakukan dengan dua cara, yaitu amalgamasi dan sianidasi. Metoda amalgamasi (Gambar 2) mengolah dengan bahan baku berupa bijih emas yang sudah dihancurkan, sedangkan sianidasi mengolah *tailing* dari proses amalgamasi (Gambar 4).

Pengolahan bijih emas umumnya menggunakan metoda amalgamasi dan sebagian kecil sianidasi. *Tailing* yang dihasilkan tidak ditangani dengan melakukan detoksifikasi atau penyimpanan secara aman, bahkan umumnya dibuang di sekitar lokasi pengolahan sehingga dapat menyebar dengan mudah oleh air permukaan (Gambar 3).



Gambar 2. Tromol untuk amalgamasi menggunakan tenaga air, Tasikmalaya



Gambar 3. Air sungai keruh akibat terkontaminasi lumpur tailing proses amalgamasi, Tasikmalaya

Pada proses pengolahan menggunakan metoda amalgamasi, bijih berupa urat kuarsa ditumbuk sampai ukuran sekitar 1 cm, selanjutnya dimasukkan ke dalam tromol. Pada tiap tromol diisi bijih sebanyak 1/3 dari volume tromol, merkuri 0,5 – 1 ons dicampurkan atau jumlahnya tergantung pada

kadar emas pada bijih. Penggilingan menggunakan tromol dilakukan rata-rata selama 8-12 jam atau tergantung pada kekerasan bijih, dengan putaran ± 60 RPM. Untuk menggerakkan tromol menggunakan tenaga mesin atau aliran air sungai. Pengolahan dengan tenaga penggerak air sungai dilakukan pada daerah aliran sungai, *tailing* sering dibuang langsung di sekitar tromol (Gambar 2). Proses pembakaran amalgam untuk mendapatkan emas dilakukan pada tempat terbuka tanpa upaya menangkap uap merkuri yang dihasilkan (Gambar 5).



Gambar 4. Reaktor sianidasi, latar depan kolam tailing, Halmahera Utara



Gambar 5. Pembakaran amalgam, kepulan uap merkuri dibiarkan terbang, Gorontalo

Pengolahan selain dilakukan dengan peralatan yang dimiliki sendiri oleh kelompok penambang atau perorangan, dapat juga menggunakan tromol berserta

mesin dan kelengkapannya yang dimiliki oleh pihak ketiga. Jasa pemakaian peralatan tersebut dapat diperhitungkan dari hasil penjualan emas. Umumnya mekanisme seperti ini dengan ketentuan bahwa emas yang dihasilkan dijual kepada pemilik perlengkapan pengolahan.

Pengolahan dengan metoda sianidasi menggunakan bahan baku *tailing* hasil proses amalgamasi mulai marak dilakukan pada tiga tahun terakhir, terutama di daerah Sulawesi Utara dan sekitarnya dengan meniru teknologi dari Filipina (Gambar 4). Sebagai akibatnya *tailing* dari proses amalgamasi yang sebelumnya hanya dibuang, dapat dijual untuk diolah kembali dengan cara sianidasi. *Tailing* hasil amalgamasi umumnya masih mengandung sisa merkuri (Tabel 2), apabila diolah dengan cara sianidasi potensi sifat racunnya akan lebih meningkat.

Tabel 2. Kandungan merkuri pada *tailing*

LOKASI	Hg (ppm)
Cineam	201,05 – 594,74
Sangon	0,800 – 6,9
Gunung Pani	828 – 2.830
Gunung Gede	132 – 1.090,4
Pongkor	437 – 107
Selogiri	299 – 460
Cibaliung	599 – 3.171
Ciberang	355 – 861

Pada tambang rakyat tidak dijumpai instalasi pengolahan limbah, akibatnya bahan bersifat racun yang terkandung pada bijih emas dan sisa merkuri yang masih terbawa bersama *tailing* akan ikut terbuang. Dampak dari kegiatan pengolahan berupa pencemaran lingkungan dapat berlangsung dalam kurun waktu lama, yang apabila tidak dicegah akan dapat menyebabkan degradasi lingkungan yang tidak sepadan dengan nilai ekonomi dari emas yang dihasilkan.

Pembagian Hasil

Penambangan dilakukan oleh kelompok penambang yang masing-masing beranggotakan 10 sampai 15 orang. Anggota kelompok penambang dapat bekerja dengan mendapatkan upah dari pemodal, akan tetapi umumnya bekerja dengan sistim bagi hasil. Pembagian hasil penambangan di antara yang terlibat dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan membagi perolehan dari hasil penjualan emas dan pembagian bijih emas. Pengolahan pada sistim pembagian hasil dari penjualan emas dilakukan bersama-sama oleh kelompok. Sedangkan pembagian hasil berupa bijih, pengolahannya dilakukan oleh masing-masing anggota kelompok. Bagi hasil dari penjualan emas lebih umum dijumpai.

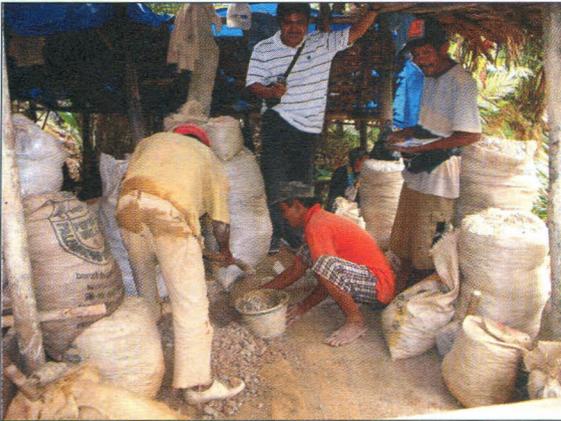
Pembagian hasil kerja kelompok penambang dalam bentuk bijih emas dapat dijumpai di Daerah Tasikmalaya dan Banten (Gambar 6). Di daerah tersebut jual beli bijih juga biasa dilakukan, bahkan di Cineam, Tasikmalaya dapat dijumpai pasar untuk jual beli bijih emas (Gambar 7).

Lingkungan

Kegiatan pertambangan rakyat umumnya tidak diikuti dengan upaya reklamasi. Lubang tambang dibiarkan tetap terbuka (Gambar 8), dan tidak dilakukan upaya penanganan *tailing*. Sehingga potensi degradasi lingkungan sangat besar.

Pada beberapa daerah terutama di Sulawesi Utara dan sekitarnya, serta Halmahera pengolahan menggunakan metoda sianidasi marak digunakan, dengan mengolah *tailing* hasil amalgamasi (Gambar 4). *Tailing* hasil amalgamasi yang masih mengandung merkuri sisa pengolahan, apabila diolah dengan proses sianidasi akan mempercepat terbentuknya metil merkuri yang berbahaya bagi kesehatan.

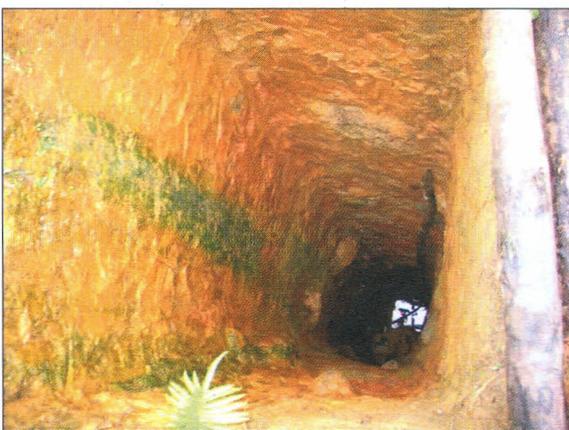
Upaya detoksifikasi *tailing* hasil proses amalgamasi maupun sianidasi tidak dilakukan, sehingga *tailing* yang terbuang masih mengandung bahan beracun berbahaya, baik berupa merkuri sisa amalgamasi maupun merkuri yang berasal dari bijih. *Tailing* yang ditempatkan pada lahan terbuka akan mudah menyebar akibat erosi air permukaan.



Gambar 6. Pembagian hasil penambangan bijih emas, Cineam, Tasikmalaya



Gambar 7. Pasar bijih emas di Cineam, Tasikmalaya



Gambar 8. Lubang bekas tambang (shaft) tidak direklamasi, Nabire

OPERASIONAL CUSTOM MILL SEBAGAI SOLUSI

Berdasarkan permasalahan yang umum dijumpai pada pertambangan rakyat, maka konsep

custom mill dapat menjadi salah satu jalan keluar untuk mengatasinya. *Custom mill* emas merupakan unit pengolahan bijih emas yang dapat melayani jasa pengolahan dan pembelian bijih emas yang berasal dari beberapa lokasi tambang. Kepemilikan *custom mill* oleh pihak yang sekaligus pemegang ijin usaha pertambangan atau semata-mata sebagai pihak penjual jasa pengolahan bijih emas.

Operasional *custom mill* memerlukan kajian sistematis yang didukung data lengkap agar secara ekonomi menguntungkan tanpa mengabaikan prinsip *good mining practice* dan kaidah konservasi. Kajian kelayakan operasi didukung data eksplorasi yang lengkap sebagai dasar penetapan jumlah cadangan emas dan ikutannya, serta data lain yang diperlukan untuk konstruksi instalasi pengolahan dan penunjangnya agar dapat berproduksi secara optimal sesuai kapasitasnya dengan mempertimbangkan daya dukung lingkungannya.

Kapasitas *custom mill* disesuaikan dengan total cadangan dari wilayah pertambangan yang akan menjadi sumber pemasok bijih, serta kapasitas pasokan bijih dari tambang dalam kurun waktu harian sampai dengan tahunan.

Kelangsungan operasional *custom mill* perlu didukung jaminan pasokan bijih yang memadai. Pasokan bijih dapat berasal dari pihak perusahaan pengolah yang juga memiliki wilayah usaha pertambangan serta para pelaku usaha pertambangan skala kecil. Usaha pertambangan rakyat dapat melakukan pengolahan menggunakan jasa *custom mill* atau menjual bijih hasil produksinya kepada pihak pengelola *custom mill*.

Custom mill sebagai jalan keluar untuk mengatasi permasalahan yang umum dijumpai pada pengembangan wilayah pertambangan rakyat harus beroperasi mengikuti kaidah konservasi. Agar operasional *custom mill* dapat berlangsung secara optimal, berkesinambungan, dan berwawasan lingkungan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Mempunyai lahan yang cukup luas untuk proses *stockpiling*, *crushing* dan *blending*.

- Lokasi *custom mill* berada di dekat wilayah tambang rakyat.
- Instalasi yang dibangun sesuai dengan karakteristik bijih emas yang berada pada wilayah pertambangan rakyat di daerah sekitar *custom mill*.
- Pengelola dapat melakukan pembelian bijih emas.
- Dapat melayani jasa pengolahan bijih emas.
- Mempunyai fasilitas untuk penanganan limbah
- Dapat dijamin kesinambungan pasokan bijih, oleh karena itu perlu didukung data eksplorasi yang memadai.
- *Custom mill* dimiliki oleh pihak ketiga atau dapat merupakan bagian dari usaha pertambangan yang sekaligus menjalankan jasa pengolahan dan pembelian bijih.
- Hanya melayani jasa pengolahan dan pembelian bijih emas yang berasal dari tambang legal.
- *Custom mill* berada di bawah satu pengelolaan berbadan hukum agar dapat terawasi dan terkendali dengan baik, serta bertanggung jawab terhadap seluruh aktifitas usahanya.

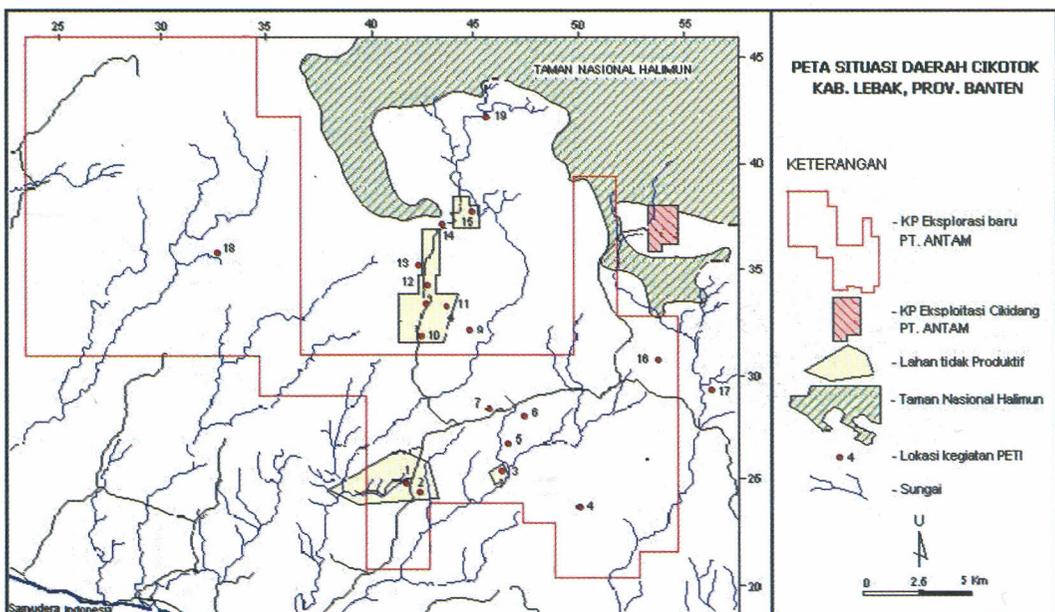
KESIMPULAN

Sumber daya bijih emas primer di Indonesia yang besar dijumpai dalam dimensi kecil sampai besar

dapat dikembangkan untuk usaha pertambangan dengan skala usaha sesuai dengan potensinya. Potensi skala kecil tersebar pada beberapa lokasi layak untuk pengembangan wilayah pertambangan rakyat.

Pertambangan emas primer pada tahapan pengolahan memerlukan penanganan dengan keahlian, teknologi dan modal yang memadai agar diperoleh hasil optimal dan ramah lingkungan. Pengolahan ramah lingkungan memerlukan penanganan limbah yang umumnya oleh pelaku usaha pertambangan skala kecil terabaikan, akibat ketidakmampuan menanganinya. Oleh karena itu pengolahan dengan konsep *custom mill* dapat menjadi jalan keluar bagi pengembangan pertambangan rakyat.

Pengolahan dengan kelengkapan memadai dan ramah lingkungan untuk melayani beberapa kelompok penambang baik berupa jasa pengolahan atau dengan cara pembelian bijih dari kelompok penambang sangat potensial dikembangkan pada beberapa wilayah di Indonesia sebagai salah satu jalan keluar untuk mengembangkan wilayah pertambangan dimana umumnya potensi emas primer berada pada daerah terpencil. Sehingga pengembangan wilayah pertambangan rakyat selain akan menjadi sumber



Gambar 9. Peta wilayah pertambangan, bijih emas urat kuarsa dimensi besar ditambang oleh PT. Aneka Tambang, bijih emas urat kuarsa tebal $\leq 0,5$ m diusahakan oleh masyarakat

pendapatan daerah setempat, penyedia lapangan kerja dapat juga menjadi pemicu perkembangan daerah sekitarnya. Dengan konsep *custom mill*, potensi cebakan bijih emas baik sekala besar maupun kecil dapat dimanfaatkan secara optimal dan ramah lingkungan, sehingga tidak ada potensi yang terabaikan.

Pajak atau pungutan untuk pendapatan daerah setempat dapat dikenakan pada produksi emas yang dihasilkan di *custom mill*, sehingga dapat lebih

terkoordinasi dengan baik. Sebagian dari pendapatan tersebut dapat dipergunakan untuk rehabilitasi lingkungan wilayah pertambangan dan sekitarnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kami sampaikan kepada editor yang telah memberikan masukan dan koreksi serta rekan-rekan di Kelompok Program Penelitian Konservasi atas bantuannya.

ACUAN

- Gunradi, R., Aswan, I., Tain, Z, Said, A., dan Sukandar, M., 2002. *Pemantauan dan Evaluasi Konservasi Bahan Galian di G. Pani, Kabupaten Boalemo, Provinsi Gorontalo*, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung
- Herman, D.Z., dan Sukandar, M., 2005. *Pendataan Sebaran Unsur Merkuri pada Wilayah Pertambangan Ciberang, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten*, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung
- Juliawan, N., Sukaesih dan Putra, C., 2006. *Pendataan Penyebaran Merkuri pada Wilayah Pertambangan di Daerah Pongkor, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat*, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung
- Juliawan, N., Suprpto, S.J., dan Kamal, S., 2006. *Kajian Potensi Tambang Dalam Pada Kawasan Hutan Lindung di Tapadaa, Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo*, Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung
- Juliawan, N., Widhiyatna, D., dan Kamal, S., 2005. *Pendataan Sebaran Unsur Merkuri pada Wilayah Pertambangan Cibaliung, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten*, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung
- Rohmana, Kamal, S., dan Suhandi, 2006. *Pendataan Penyebaran Unsur Merkuri pada Wilayah Pertambangan G. Gede dan Sekitarnya, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat*, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung
- Setiabudi, B.T., Sukandar, M., dan Juliawan, N., 2004. *Pendataan Penyebaran Merkuri Akibat Usaha Pertambangan Emas di Daerah Sangon, Kec. Kokap, Kab. Kulon Progo, Provinsi, Daerah Istimewa Yogyakarta*, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung
- Suhandi, Suprpto, S.J., dan Putra, C., 2005. *Pendataan Sebaran Unsur Merkuri pada Wilayah Pertambangan Gunung Pani dan Sekitarnya, Kabupaten Puhwato, Provinsi Gorontalo*, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung
- Tain, Z., Sutrisno, dan Rohmana, 2002. *Pengawasan, Pemantauan dan Evaluasi Konservasi Sumber Daya Mineral di Daerah Cikidang, Kab. Lebak, Prov. Banten*, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung
- Tain, Z., Sutrisno, dan Suprpto, S.J., 2005. *Pemantauan dan Evaluasi Konservasi Sumber Daya Mineral di Kabupaten Halmahera Utara, Provinsi Maluku Utara*, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung
- Tim Neraca Sumber Daya Mineral Logam, 2005. *Neraca Sumber Daya Mineral Logam*, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung
- Wahyudi, T., 2004, *Pengujian Bahan Baku Bijih Emas*, Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara, Bandung

- Widhiyatna, D., dan Hutamadi, R., 2006. *Pendataan Penyebaran Unsur Merkuri pada Wilayah Pertambangan Selogiri, Kabupaten Wonogiri, Provinsi Jawa Tengah*, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung
- Widhiyatna, D., dan Sukandar, M., 2004. *Pendataan Penyebaran Merkuri Akibat Usaha Pertambangan Emas di Daerah Tasikmalaya, Provinsi Jawa Barat*, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung.

**IDENTIFIKASI ENDAPAN *POINT BAR*
DALAM KAITANNYA DENGAN CEBAKAN EMAS *PLACER*
DI DAERAH ALIRAN S.BOYAN, KECAMATAN BOYAN TANJUNG
KAPUAS HULU, KALIMANTAN BARAT**

Oleh :

Danny Z . Herman

Penyelidik Bumi Madya

Kelompok Program Penelitian Konservasi, Pusat Sumber Daya Geologi

S A R I

Ditemukannya cebakan bahan galian emas *placer* di sekitar aliran S. Boyan, Kecamatan Boyan Tanjung, Kabupaten Kapuas Hulu, Kalimantan Barat membawa ke arah dugaan bahwa cebakan tersebut merupakan bagian dari endapan aluvium purba (*paleo-alluvium*). Letaknya yang terpisah dari aliran sungai sekarang memberikan indikasi bahwa aluvium purba tersebut diperkirakan hasil pengendapan aliran sungai berkelok-kelok (*meander*) purba. *Meander* terbentuk ketika air sungai dengan pola aliran turbulen spiral mengalir sepanjang saluran sungai tertentu. Pola aliran air ini menyebabkan saluran disekitar belokan sungai menjadi bertambah dalam dan secara bersamaan mengendapkan sedimen *point bar* di bagian yang berlawanan, sehingga membentuk pendangkalan di bagian-bagian hilir belokan sungai *meander*.

Teramati di lapangan bahwa endapan aluvium S.Boyan menunjukkan karakteristik yang serupa dengan susunan endapan *point bar* terdiri atas bagian bawah disusun oleh bongkah-kerikil aneka batuan, mineral berat, bahan-bahan debris dan hasil rombakan lain; sedangkan bagian atas berupa endapan pasir berukuran kasar-halus. Bahan-bahan penyusun endapan memiliki keragaman komponen pembentuknya yang sangat ditentukan oleh lingkungan geologi dimana sungai *meander* melewatinya. Menjadi penting diperhatikan bahwa lingkungan pengendapan *point bar* di daerah aliran S.Boyan dapat diidentifikasi secara mudah karena berada pada wilayah bentang alam pedataran, yang diperkirakan mempunyai luas sebaran signifikan. Dengan demikian maka bentang alam tersebut dapat dijadikan salah satu parameter dalam penentuan sebaran endapan *point bar* yang mengandung cebakan bahan galian emas *placer*.

ABSTRACT

Discovery of placer gold deposits along Boyan stream, Boyan Tanjung District, the Regency of Kapuas Hulu, West Kalimantan brings into suggestion that the deposits were formed as parts of paleo-alluvium. Its distant deposition from nowadays river gives indication that the placer gold deposits may associate with point bars resulted by ancient meander stream. Meanders occur as stream with a spiral turbulent water flows along a certain stream channel. This flow pattern deepens the channel in the bend and simultaneously deposits sediment of point bars on the opposite bank, though making shallower at some downstream parts of meandering bend.

Field observation result of the Boyan's alluvium exhibits that it has a similar characteristic with point bar composition. The point bar sediments comprise a variety of rock's boulders to gravels, heavy minerals, debris and other detrital materials at the bottom part; whilst its upper part consists of coarse to fine sand. It's importance to pay attention that deposition environment of point bars at Boyan stream can be identified easily due to their coincident appearance with a significant area of alluvial landscape. Though the landscape is possibly to become a parameter for determination of point bars containing placer gold deposits.

PENDAHULUAN

Sehubungan dengan peningkatan permintaan akan bahan galian emas, maka eksplorasi dan usaha pertambangannya tidak hanya dilakukan terhadap sumber-sumber primer tetapi juga endapan hasil rombakan atau sekunder. Fakta sejarah telah membuktikan bahwa penemuan sebagian besar cebakan primer bahan galian emas bernilai komersil atau ekonomis dimulai oleh ditemukannya endapan *placer* pada aliran sungai dan pantai.

Periode Kuartar merupakan waktu yang tepat untuk terbentuknya cebakan *placer* karena berkaitan dengan kondisi dimana energi permukaan berada pada tingkat tinggi, iklim berubah secara ekstrim dan relatif terbebas dari diastropisma. Terdapat beberapa lingkungan pengendapan yang erat hubungannya dengan pembentukan cebakan *placer*, antara lain : benua, transisi dan laut; yang masing-masing dibagi lagi menjadi sub-lingkungan. Salah satu sub-lingkungan dari kategori lingkungan benua yang menarik untuk dikemukakan adalah sub-lingkungan fluvial, karena merupakan lingkungan dengan karakteristik kisanan yang lebar dari proses pengendapan darat, antara lain : Sebagian cebakan *placer* terbentuk beberapa kilometer di sekitar batuan sumber, ukuran partikel dan pemilahan berkembang sesuai jarak dari sumber dan hanya menyisakan partikel-partikel dengan stabilitas fisika-kimia.

Saluran air sungai dapat berbentuk lurus, seperti anyaman (*braided*) dan berkelok-kelok (*meander*); yang berpengaruh terhadap kecepatan arus air dan penyebaran sedimen pada saat transportasi. *Point bar* adalah sekwen sedimen yang diendapkan oleh migrasi lateral dari aliran sungai berkelok-kelok dan memungkinkan menjadi tempat kedudukan cebakan-cebakan *placer*.

TATANAN GEOLOGI

Daerah Boyan Tanjung termasuk kedalam Kabupaten Kapuas Hulu, Provinsi Kalimantan Barat dilalui S.Boyan yang membentuk meander, menunjukkan bahwa sungai telah mencapai tahap dewasa.

Secara geologi, daerah Boyan Tanjung dan sekitarnya disusun oleh satuan-satuan stratigrafi batuan dasar granitik – gabbro, Kompleks Busang, Kelompok Selangkai, Kelompok Mandai, batuan terobosan Sintang dan aluvium (Pieters dkk., 1993; Gambar 1).

Satuan-satuan stratigrafi tertua terdiri atas batuan dasar granitik – gabbro dan Kompleks Busang dimana keduanya diperkirakan berumur Perm – Trias. Batuan dasar tersingkap di sebagian kecil wilayah bagian timur daerah kegiatan, sementara Kompleks Busang tersebar menempati 25% bagian selatan daerah kegiatan. Kompleks Busang dibedakan dengan batuan dasar karena keaneka ragaman susunan batuan pembentuknya yang terdiri atas granit, granodiorit, diorit dan gabbro termalihkan; sekis, genes, kuarsit, serpentin dan harzburgit.

Di atas satuan-satuan stratigrafi tertua tersebut diendapkan secara tidak selaras Kelompok Selangkai berumur Kapur Bawah – Atas, yang menempati terutama bagian tengah dengan sebaran mendominasi daerah kegiatan; disusun oleh batuan-batuan sedimen yang terdiri atas batugamping, batupasir, konglomerat dan batulanau. Sedangkan pada Eosen Atas diendapkan batupasir dan batulumpur yang termasuk ke dalam satuan stratigrafi Kelompok Mandai.

Terobosan Sintang merupakan satuan stratigrafi yang terdiri atas *stock / retas / sill / sumbat gunungapi (volcanic neck)* dari granodiorit, diorit porfir, andesit dan dasit porfir; yang diperkirakan merupakan bagian dari kegiatan magmatisma/vulkanisma pada Miosen Bawah. Satuan ini dijumpai di bagian timur daerah kegiatan dan menerobos batuan-batuan dari Kelompok Selangkai dan Kelompok Mandai.

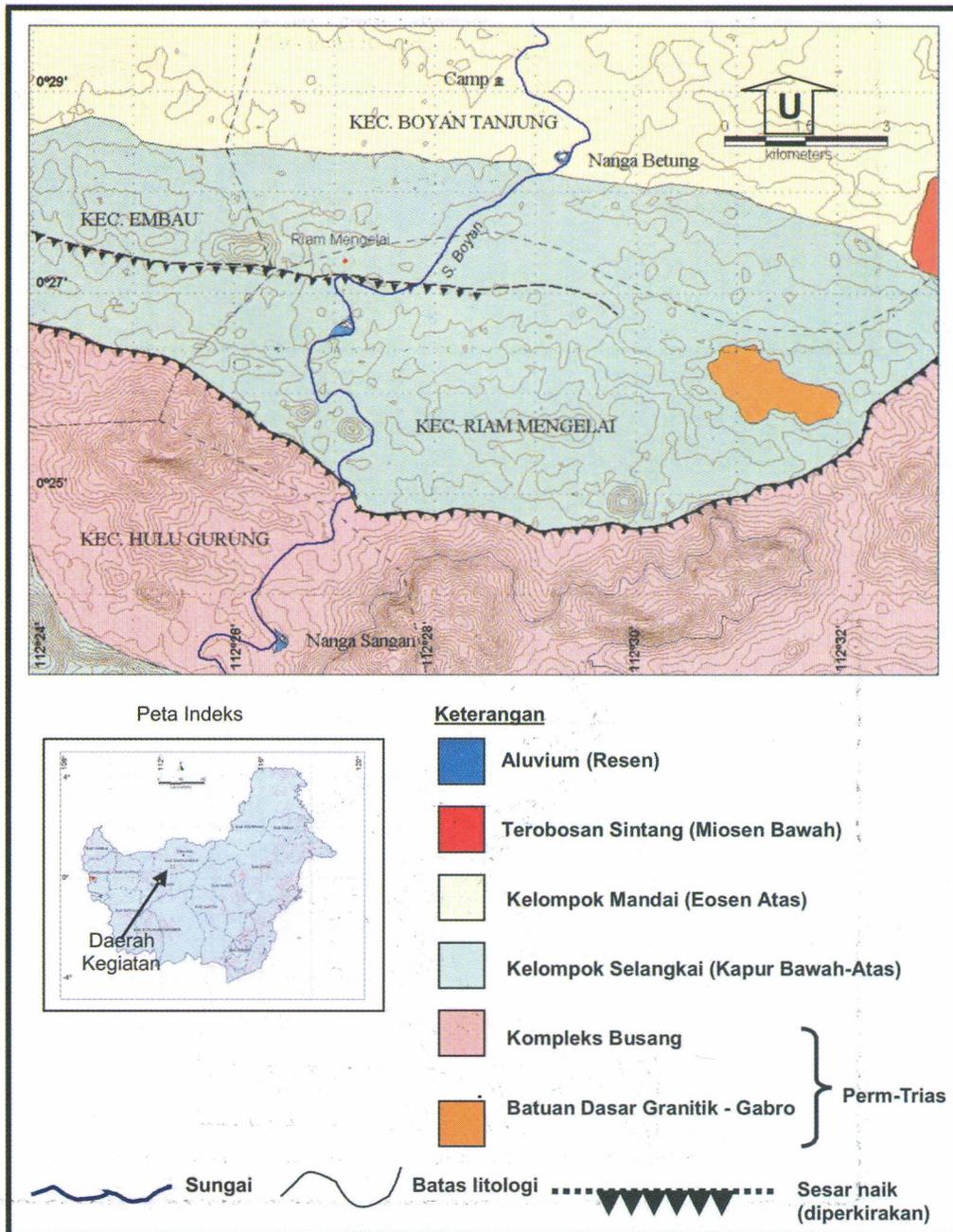
Aluvium merupakan satuan stratigrafi termuda yang dapat dibagi menjadi aluvium tua dan muda. Yang pertama berupa aluvium yang diperkirakan sebagai hasil pengendapan sungai purba; dapat dikenali dari kondisi endapan yang berada relatif jauh dari aliran sungai sekarang, sudah terpadatkan dan telah ditutupi oleh tanah penutup yang relatif tebal. Sedangkan yang kedua berupa hasil pengendapan masa kini dengan ciri endapan terdiri atas bahan-

bahan lepas seperti bongkah/kerakal/kerikil batuan hasil rombakan dari satuan-satuan stratigrafi terdahulu, pasir dan lempung.

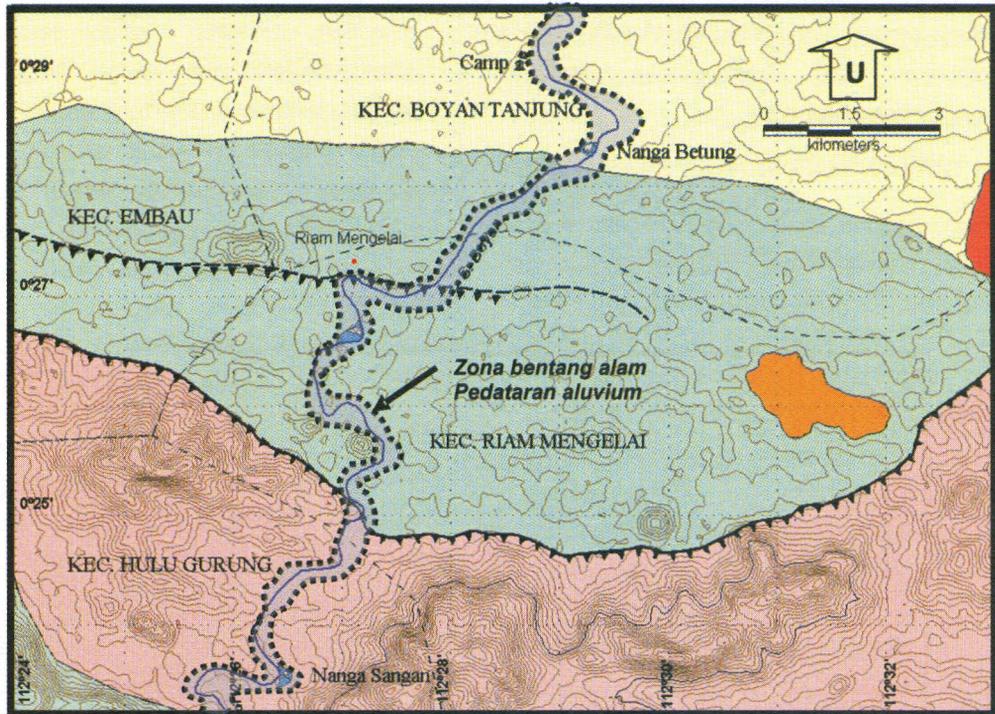
ALUVIUM TUA DENGAN CEBAKAN EMAS PLACER

Bahan galian emas yang telah dan sedang ditambang di wilayah Boyan Tanjung berasal dari terutama aluvium tua (*paleo-alluvium*) dengan sebaran

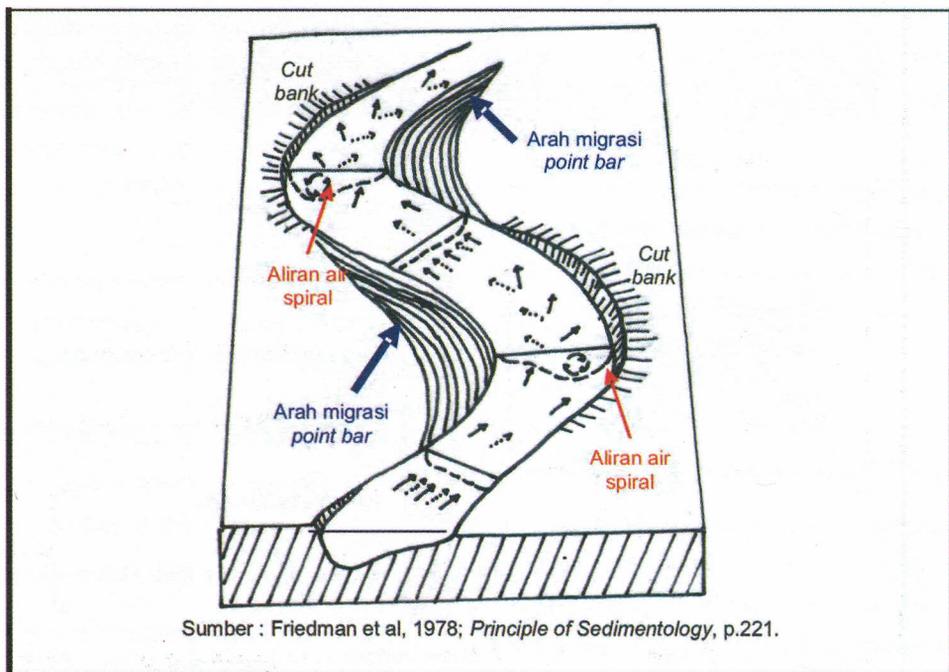
yang baru ditemukan di sekitar desa Nanga Betung, Riam Mengelai dan Nanga Sangan. Lingkungan pengendapan aluvium tua dapat dikenali secara mudah karena terbentuk sebagai bentang alam pedataran (Gambar 2) dengan sebagian besar ditumbuhi semak belukar atau berbentuk lahan perkebunan karet, pesawahan dan pertanian.



Gambar 1 Peta Geologi Daerah Boyan Tanjung Dan Sekitarnya Kabupaten Kapuas Hulu, Kalimantan Barat



Gambar 2
 Peta Geologi Daerah Boyan Tanjung Dan Zona Bentang Alam Pedataran Aluvium
 Kabupaten Kapuas Hulu, Kalimantan Barat



Gambar 3
 Hipotesa pembentukan sungai meander dan pengendapan point bar

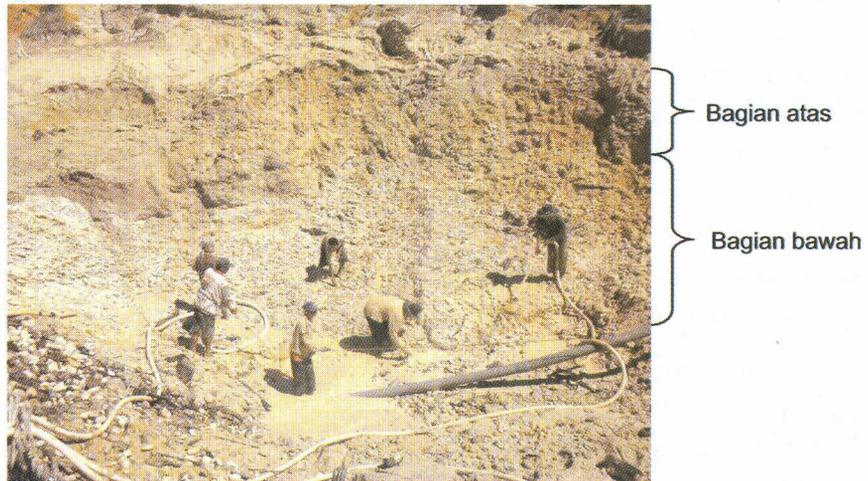


Foto 1 Kenampakan aluvium tua (point bar) di daerah Nanga Betung, yang menjadi lahan penambangan tradisional bahan galian emas



Foto 2 Kenampakan aluvium tua (point bar) di wilayah penambangan tradisional bahan galian emas Riam Mengelai



Foto 3 Kenampakan aluvium tua (point bar) yang berupa endapan teras di wilayah penambangan tradisional bahan galian emas Nanga Sangan

Dari kenampakan bukaan-bukaan tambang tradisional yang dibuat oleh penduduk setempat, teridentifikasi bahwa endapan aluvium tua tersebut dibentuk oleh bagian bawah berupa kumpulan beraneka bahan rombakan aneka batuan berukuran bongkah-kerikil berasal dari satuan-satuan stratigrafi berumur lebih tua, mineral-mineral berat, bahan-bahan *debris* dan hasil rombakan lain; sementara ke bagian atas berubah secara berangsur menjadi endapan pasir berukuran kasar-halus hingga lumpur.

Di Riam Mengelai, sebaran aluvium tua mencapai luas 18,12 Ha, mempunyai ketebalan berkisar 6 – 7 meter atau rata-rata 6,5 meter yang ditutupi oleh lapisan tipis tanah penutup dan humus (Foto 2); telah menghasilkan bahan galian emas sebesar 125 gram/hari berpotensi mengandung bahan galian emas dan dapat diasumsikan sebagai sumber daya hipotetik.

Kuat dugaan bahwa aluvium ini merupakan hasil pengendapan sungai *meander* purba yang menjadi tempat kedudukan cebakan emas *placer* di wilayah Kecamatan Boyan Tanjung dan sekitarnya. Pada lingkungan bentang alam pedataran di desa Nanga Betung, sedang ditambang endapan aluvium tua dengan luas 9,474 Ha dan berketebalan antara 4 hingga 10 meter atau rata-rata 6 meter yang ditutupi oleh lapisan tipis tanah penutup dan humus (Foto 1); menghasilkan bahan galian emas antara 30 hingga 50 gram/hari atau rata-rata 40 gram/hari. Endapan tersebut mengandung bahan galian emas dan dapat disebut memiliki potensi sebagai sumber daya hipotetik.

Di Nanga Sangan, aluvium tua telah berubah menjadi teras sungai berwarna kemerahan karena terlimonitkan (Foto 3), mempunyai ketebalan rata-rata 2 meter dengan tanah penutup mencapai \pm 10 meter yang juga mengandung emas. Endapan aluvium mencapai luas 6,466 Ha dan telah menghasilkan bahan galian emas kira-kira 14,42 gram/hari, berpotensi sebagai sumber daya hipotetik.

INTERPRETASI PEMBENTUKAN *POINT BAR*

Meander terbentuk ketika air sungai dengan pola aliran turbulen spiral mengalir sepanjang saluran sungai tertentu. Pola aliran air ini menyebabkan saluran

disekitar belokan sungai menjadi bertambah dalam dan secara bersamaan mengendapkan sedimen di bagian yang berlawanan sehingga mengakibatkan pendangkalan di bagian-bagian hilir belokan sungai tersebut. Dengan dasar pemikiran bahwa pergerakan aliran air menuju arah hilir sungai *meander*, maka dapat diasumsikan bahwa di suatu meander yang membelok ke arah kiri aliran spiral air bergerak membentuk kurva searah jarum jam dan pada meander yang membelok ke arah kanan aliran spiral air membentuk kurva berlawanan arah jarum jam (Gambar 3).

Derasnya aliran air spiral di bagian *cut bank* juga menyebabkan tidak terjadinya pengendapan sedimen di bagian dasar sungainya, tetapi membawa sedimen tersebut ke bagian berlawanan untuk membentuk endapan *point bar*. Karakteristik sekwen dari endapan ini beragam dan dikendalikan oleh ukuran lebar saluran sungai, tetapi terutama ditentukan oleh dalamnya saluran sungai. Saluran sungai dengan kedalaman 4,5 meter dimasukkan ke dalam kategori sungai dalam, merupakan persyaratan kedalaman minimum untuk terbentuknya gelombang pasir (*sand wave*) berskala besar. Pada bagian dasar saluran sungai diendapkan bahan-bahan sedimen berbutir paling kasar pembentuk *point bar* yang disebut *channel-floor lag*, terdiri atas kerikil, kepingan-kepingan batulumpur, potongan kayu dan tulang, serta bahan-bahan *debris* berbutir kasar. Sementara ke bagian atasnya berubah menjadi pasir berukuran halus - sangat halus dengan tekstur gelembur-gelembung dan laminasi. Ketebalan endapan ini dapat terbentuk dalam beragam ukuran dan disusun oleh satu lapisan atau lebih tergantung kepada kedalaman saluran sungainya, sementara luasnya sebaran endapan *point bar* dikendalikan oleh bentuk belokan (*sinuosity*) saluran sungai (Friedman et al, 1978).

Teramati di lapangan bahwa susunan endapan aluvium menunjukkan karakteristik serupa dengan susunan endapan *point bar* diatas. Perbedaan penyusunan endapan terletak pada keragaman komponen pembentuknya karena sangat ditentukan oleh lingkungan geologi dimana sungai *meander* melewatinya. Bagian dasar endapan *point bar* disusun oleh bongkah-kerikil batuan, mineral berat, bahan-

bahan *debris* dan hasil rombakan lain; sementara di bagian atas berupa endapan pasir berukuran kasar – halus. Berkaitan dengan cebakan bahan galian emas *placer* dalam endapan *point bar*, kuat dugaan bahwa cebakan tersebut merupakan hasil rombakan dari formasi batuan termineralisasi emas yang termasuk bagian dari penyusun tataan geologi di daerah kegiatan.

Ditemukannya cebakan bahan galian emas *placer* di sekitar aliran S. Boyan, Kecamatan Boyan Tanjung, Kabupaten Kapuas Hulu, Kalimantan Barat membawa ke arah dugaan bahwa cebakan tersebut merupakan bagian dari endapan aluvium purba (*paleo-alluvium*). Letaknya yang terpisah dari aliran sungai sekarang memberikan indikasi bahwa cebakan emas *placer* diperkirakan berasosiasi dengan endapan *point bar* hasil pengendapan aliran sungai *meander* purba.

Menjadi penting diperhatikan bahwa lingkungan pengendapan *point bar* dapat diidentifikasi secara mudah karena membentuk bentang alam pedataran, yang diperkirakan mempunyai luas sebaran signifikan. Dengan demikian maka bentang alam tersebut dapat dijadikan salah satu parameter dalam penentuan sebaran endapan *point bar* yang mengandung cebakan bahan galian emas *placer* di daerah-daerah dengan ciri-ciri serupa selain Kecamatan Boyan Tanjung dan sekitarnya.

KESIMPULAN

Saluran air sungai dengan bentuk berkelok-kelok (*meander*) sangat berpengaruh terhadap kecepatan arus air dan dapat membentuk aliran turbulen spiral yang menghasilkan sebaran endapan

point bar pada saat transportasi. Endapan *point bar* memungkinkan menjadi tempat kedudukan cebakan-cebakan emas *placer* apabila aliran sungai sebagai media transportasi melewati formasi-formasi geologi yang berperan sebagai sumber bahan galian emas.

Sungai Boyan diduga merupakan salahsatu jenis saluran air *meander* yang menghasilkan endapan aluvium dengan karakteristik serupa *point bar* berdasarkan penemuan ciri-ciri endapan yang terdiri atas bagian dasar bersusunan aneka batuan berukuran bongkah-kerikil, mineral berat, bahan-bahan *debris* dan hasil rombakan lain; sementara di bagian atas berupa endapan pasir berukuran kasar – halus.

Keterkaitan bentang alam pedataran aluvium dengan endapan *point bar* mengandung cebakan bahan galian emas *placer* di daerah Boyan Tanjung mungkin dapat diterapkan di daerah-daerah dengan sebaran aluvium tua/purba yang luas, sebagai salah satu parameter dalam eksplorasi terhadap cebakan emas aluvial/sekunder.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Koordinator Kelompok Program Konservasi, Pusat Sumber Daya Geologi yang telah mengizinkan penggunaan fasilitas perangkat komputer untuk kelancaran penyusunan karya ilmiah ini. Penghargaan yang tinggi kepada Sdr. Rochmana, ST atas kontribusinya dalam menciptakan estetika penggambaran peta dan pemindaian foto; karena tanpa partisipasi beliau tidak mungkin dihasilkan karya tulis ini.

ACUAN

- Asian Journal of Mining, 1999/2000; *Indonesian Minerals Exploration and mining*; Gold Group produced in co-operation with Departemen Pertambangan dan Energi, Australian Trade Commission and Masindo, 782 hal.
- Association of Exploration Geochemist, 1994. *Journal of Geochemical Exploration* 50, *Mineral Deposits of Indonesia – Discoveries of The Past 25 Years*, Volume 50 – NOS. 1-3, ISSN : 0375 – 6742.
- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Direktorat Jenderal Geologi dan Sumber Daya Mineral, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral; 2003. *Peta Potensi dan Neraca Sumber Daya/Cadangan Mineral Seluruh Kabupaten di Kalimantan*, Edisi Tahun 2003.
- Friedman, G.M. and Sanders, J.E.; 1978. *Priciples of Sedimentology*, John Wiley & Sons; New York etc., 576 hal.

- Macdonald, E.H.; 1983. *Alluvial Mining – The geology, technology and economics of placers*; London-New York, Chapman and Hall, 508 hal.
- Pieters, P.E.; Surono dan Noya, Y.; 1993. *Peta Geologi Lembar Putussibau, Kalimantan, Skala 1 : 250.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Tim Konservasi Kapuas Hulu, 2006. *Laporan Pedahuluan Kegiatan Evaluasi Sumber Daya–Cadangan Bahan Galian di Wilayah Kabupaten Kapuas Hulu, Provinsi Kalimantan Barat*

KAJIAN AWAL POTENSI BATUBARA UNTUK TAMBANG BAWAH TANAH DAERAH BONTANG DAN SEKITARNYA PROVINSI KALIMANTAN TIMUR

Oleh :

Fatimah

Kelompok Program Penelitian Energi Fosil, Pusat Sumber Daya Geologi

SARI

Kajian awal potensi batubara untuk tambang bawah tanah daerah Bontang dan sekitarnya dilakukan pada wilayah yang dibatasi oleh koordinat $117^{\circ}15'00''$ - $117^{\circ}30'00''$ Bujur Timur dan $0^{\circ}00'00''$ - $0^{\circ}15'00''$ Lintang Utara. Secara administratif wilayah ini termasuk dalam Kabupaten Kutai Kartanegara, Kutai Timur dan Kota Bontang, Provinsi Kalimantan Timur.

Penilaian daerah potensi dilakukan dengan mempertimbangkan aspek ketebalan lapisan batubara, kemiringan lapisan batubara, serta nilai kalori dari batubara di wilayah kajian. Data yang dikaji merupakan data sekunder yang berasal dari laporan kegiatan penyelidikan lapangan daerah Bontang dan sekitarnya.

Hasil kajian menunjukkan bahwa Formasi Pembawa Batubara yang memiliki potensi bagus untuk dikembangkan dengan metode tambang bawah tanah yaitu Formasi Balikpapan, Formasi Pulubalang dan Formasi Pamaluan. Rekonstruksi data menunjukkan bahwa sebaran lapisan batubara dari ketiga formasi batuan ini diperkirakan mencapai kedalaman 500 meter. Secara geologi daerah Bontang dan sekitarnya memiliki potensi yang cukup baik untuk pengembangan tambang batubara bawah tanah.

ABSTRACT

Preliminary study on potential area for underground coal mine has been carried out at Bontang area and its vicinity, East Kalimantan Province. Geographically, it locates on $117^{\circ}15'00''$ - $117^{\circ}30'00''$ E and $0^{\circ}00'00''$ - $0^{\circ}15'00''$ N. Evaluation on secondary data has been carried out in relation to several geological aspects such as coal seam thickness, coal seam dip, as well as calorific value. It shows that underground coal mine can be developed in the study area. Three coal bearing have been identified, namely Balikpapan Formation, Pulubalang Formation and Pamaluan Formation. Coal seam distribution of these rock formations can be drawn up to 500 meters depth. Based on geological point of view the study area has good potential for underground coal mine development.

PENDAHULUAN

Dewasa ini penggunaan batubara sebagai sumber energi alternatif selain minyak dan gas bumi terus meningkat. Seiring dengan semakin tingginya harga minyak dunia, berbagai kalangan mulai beralih menggunakan batubara sebagai sumber energinya, misalnya industri semen, industri tekstil, PLTU, dan lain sebagainya. Tingginya konsumsi batubara didukung oleh berlimpahnya sumberdaya batubara di bumi Indonesia. Data terakhir menunjukkan bahwa

sumberdaya batubara Indonesia adalah 57,84 miliar ton (DIM, 2004). Angka ini diperoleh dari data permukaan sampai kedalaman maksimum 100 m dari singkapan.

Seiring dengan kenaikan harga minyak dunia, industri tambang batubara di Indonesia juga semakin marak. Kebanyakan dari mereka melakukan penambangan dengan teknik penambangan terbuka (*open pit mine*). Teknik ini dipilih karena batubara di Indonesia umumnya mempunyai kelebihan terletak

tidak jauh dari permukaan. Selain itu metode tambang terbuka juga relatif lebih murah dibandingkan dengan tambang bawah tanah (*underground mine*). Namun tambang terbuka ini menimbulkan dampak yang sangat buruk terhadap lingkungan di sekitarnya. Selain itu tambang terbuka umumnya hanya dilakukan dengan *stripping ratio* (SR) 1 : 7. Untuk SR yang lebih tinggi biasanya tambang tersebut ditinggalkan dengan alasan resiko yang tinggi sehingga prinsip optimalisasi penambangan tidak tercapai.

Dengan mempertimbangkan tingginya permintaan akan komoditi batubara serta terbatasnya umur tambang terbuka, kiranya sudah saatnya dilakukan pengkajian mengenai potensi batubara yang dapat diusahakan dengan teknik penambangan bawah tanah. Memang ada beberapa perusahaan batubara yang sudah melakukan teknik penambangan bawah tanah seperti PTBA Ombilin, PT. Kitadin dan PT. Fajar Bumi

Sakti, namun jumlah produksinya sangat sedikit dibandingkan dengan perusahaan batubara yang melakukan tehnik penambangan terbuka. Minimnya jumlah tambang batubara bawah tanah ini mungkin salah satunya diakibatkan karena terbatasnya informasi mengenai tambang batubara bawah tanah, baik itu informasi geologinya maupun informasi mengenai sumberdaya batubara yang diperkirakan berpotensi untuk dikembangkan dengan metoda tambang bawah tanah.

RUANG LINGKUP

Tulisan ini mengulas kajian mengenai potensi batubara yang dapat diusahakan dengan teknik penambangan bawah tanah (*underground mine*) di daerah Bontang dan sekitarnya, Provinsi Kalimantan Timur. Kajian ini dihasilkan dari evaluasi data sekunder di daerah tersebut.

Tabel 1. Stratigrafi daerah Bontang dan sekitarnya

UMUR		FORMASI	KETERANGAN	LINGKUNGAN PENGENDAPAN
KUARTER	HOLOSEN	ALUVIUM	Lempung, lanau, pasir dan kerikil. Merupakan endapan pantai & sungai	Sungai
	PLEISTOSEN	KAMPUNG BARU	Lempung pasiran, batupasir bersisipan batubara dan tuf, setempat mengandung lapisan tipis oksida besi dan limonit	Delta-laut dangkal
	PLIOSEN			
TERSIER MIOSEN	ATAS	BALIKPAPAN	Pasir lepas, lempung, lanau, tuf dan batubara, struktur silang siur dan perarian, setempat sisipan batubara berketebalan 20-40 cm	Muka daratan - delta
	TENGAH	PULUBALANG	Perselingan batupasir, batulempung dan batulanau, setempat sisipan tipis lignit, batugamping atau batupasir gampingan	Pro Delta
	BAWAH	BEBULU	Batugamping bersisipan batulempung, batulanau, batupasir dan napal	Neritik (dangkal-dalam)
		PAMALUAN	Batulempung bersisipan napal, batupasir dan batubara, ke arah bawah gampingan	

LOKASI KAJIAN

Kajian awal ini mencakup wilayah yang terletak pada 117°15'00" - 117°30'00" Bujur Timur dan 0°00'00" - 0°15'00" Lintang Utara. Secara administratif wilayah ini termasuk dalam Kabupaten Kutai Kartanegara, Kutai Timur dan Kota Bontang, Provinsi Kalimantan Timur.

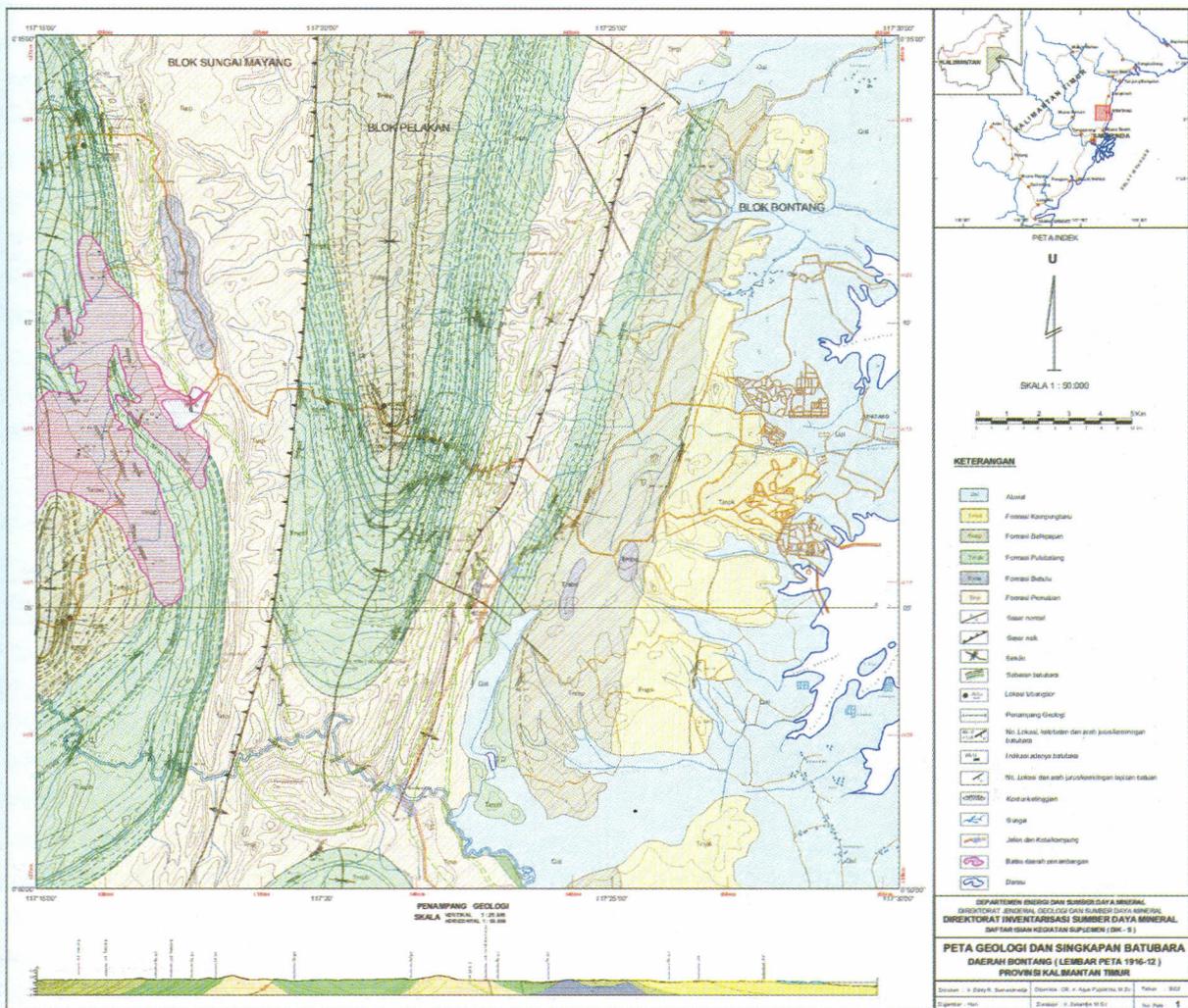
KONDISI GEOLOGI

Secara geologi wilayah kajian ini termasuk dalam Cekungan Kutai bagian utara. Cekungan Kutai secara historis merupakan suatu cekungan sedimentasi yang besar di Pulau Kalimantan. Pengisiannya berlangsung sejak Eosen hingga Miosen Tengah. Pengangkatan Pegunungan Meratus mengakibatkan Cekungan Kutai terpisah menjadi tiga bagian yang dinamakan

Cekungan Barito di sebelah Barat dan Cekungan Pasir di sebelah Timur Pegunungan Meratus, serta Cekungan Kutai di sebelah Utaranya.

Proses sedimentasi dalam Cekungan Kutai berlangsung secara kontinu selama Tersier hingga sekarang. Fase pertama merupakan siklus transgresi dan fase kedua atau akhir pengisian adalah fase regresi. Secara litologi hampir semua pengisi Cekungan Kutai mengandung klastika halus yang terdiri dari batupasir kuarsa, batulempung dan batulanau serta sisipan batugamping dan batubara yang diendapkan pada lingkungan paralik hingga neritik atau litoral, delta sampai laut terbuka.

Seri sedimen pengisi Cekungan Kutai dibagi menjadi beberapa formasi mulai dari tua ke muda



Gambar 1. Peta geologi dan sebaran batubara daerah Bontang dan sekitarnya (Sumaatmadja, 2002)

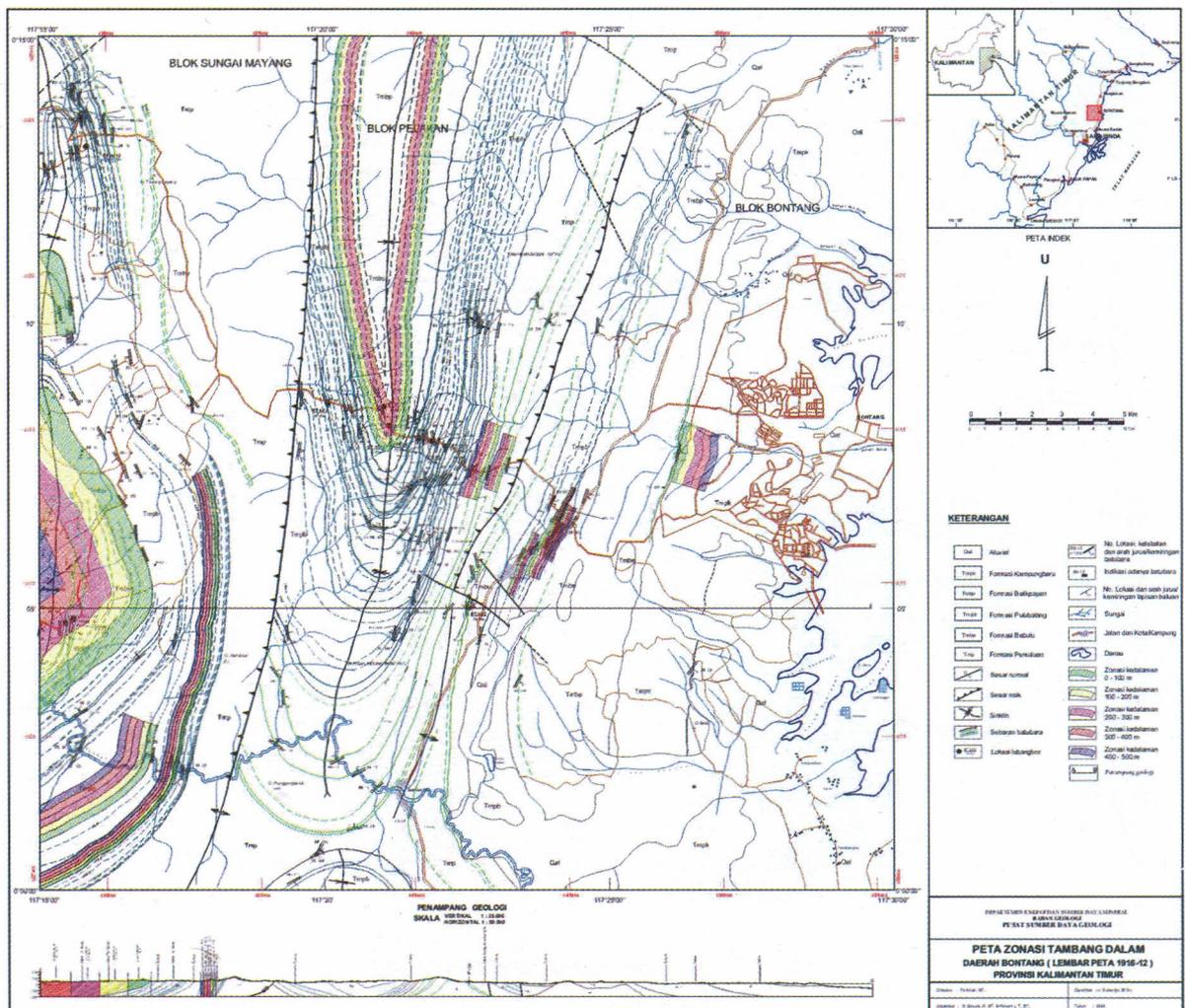
sebagai berikut : Formasi Batuayau, Formasi Wahau, Formasi Pamaluan, Formasi Pulubalang, Formasi Balikpapan dan Formasi Kumpangbaru. Keenam formasi ini bertindak sebagai pengandung batubara. Stratigrafi daerah Bontang dan sekitarnya disajikan dalam Tabel 1.

PENILAIAN POTENSI

Berbagai faktor perlu diperhatikan dalam penentuan daerah yang dianggap potensial untuk dikembangkan menjadi tambang batubara bawah tanah, diantaranya aspek geologi, geoteknik, hidrologi, serta aspek lainnya seperti hukum dan sosial budaya. Namun mengingat tulisan ini hanya merupakan kajian awal, maka dalam tulisan ini aspek yang diperhatikan hanyalah aspek geologi umum yang sangat mendasar dalam batubara. Dalam hal ini hanya 3 (tiga) faktor yang dipertimbangkan yaitu: ketebalan lapisan

batubara, kemiringan lapisan (dip) serta nilai kalori batubara (*calorific value*). Ketiga faktor ini sangat berpengaruh terhadap nilai keekonomisan suatu tambang.

Ketebalan lapisan batubara yang layak ditambang dengan teknik penambangan bawah tanah berkisar antara 2 meter dan 4 meter. Batubara dengan ketebalan kurang dari 2 meter untuk saat ini tidak layak untuk dikembangkan ditinjau dari segi ekonomisnya, sedangkan untuk lapisan batubara yang mempunyai ketebalan lebih dari 4 meter masih sulit dilakukan penambangan dengan metode bawah tanah. Kesulitan tersebut umumnya disebabkan oleh sifat fisik batubara yang memperlihatkan banyak kekar, mudah patah/hancur, yang memungkinkan sewaktu-waktu dapat runtuh pada saat digali, sehingga walaupun selama ini digunakan sistem penyanggaan, tetap saja



Gambar 2. Penggambaran zona potensi untuk Formasi Balikpapan sampai kedalaman 500 meter

ada kekhawatiran terjadi runtuh pada saat penambangan. Dengan pertimbangan tersebut sistem penyanggaan yang digunakan saat ini hanya diperuntukkan pada lapisan batubara dengan ketebalan 2 – 4 m. Namun untuk kepentingan kajian ini, ketebalan lapisan batubara tidak dibatasi dengan asumsi bahwa mungkin saja di masa datang tercipta suatu sistem yang memungkinkan untuk menambang lapisan batubara berketebalan kurang dari 2 m maupun lebih dari 4 m dengan teknik penambangan bawah tanah. Pada kajian ini ketebalan batubara dikelompokkan untuk batubara berketebalan kurang dari 2 m dan lebih dari 2 m berdasarkan pertimbangan ekonomis semata.

Kemiringan lapisan (dip) batubara merupakan faktor yang sangat penting, terutama ditinjau dari segi keamanan tambang. Kemiringan lapisan ideal yang disarankan untuk teknik penambangan batubara bawah tanah adalah antara 12° sampai 20°. Hal ini dikaitkan dengan kemampuan penggunaan alat angkut yang digunakan untuk mengangkut hasil penggalian batubara dari lubang tambang (titik produksi) keluar lubang tambang untuk diangkut ke *stock pile*. Selain itu, kemiringan lapisan pun turut dipertimbangkan dalam faktor keamanan tambang. Apabila terjadi hal yang membahayakan pekerja pada saat kegiatan penambangan kemiringan yang tinggi dapat menghambat upaya para pekerja untuk melarikan diri keluar dari lubang tambang.

Nilai Kalori batubara berperan penting dalam keekonomisan tambang. Batubara berkalori rendah mempunyai nilai jual yang tidak begitu tinggi sehingga dikhawatirkan tidak cukup memberikan keuntungan bagi perusahaan tambang. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka batubara yang layak ditambang dengan menggunakan teknik penambangan bawah tanah untuk saat ini yaitu batubara yang mempunyai nilai kalori minimum 6000 cal/gr (adb). Namun kajian ini juga dilakukan untuk batubara yang memiliki kalori di bawah 6000 cal/gr (adb). Hal ini dilakukan dengan mempertimbangkan bahwa mungkin saja pada beberapa waktu ke depan harga batubara akan naik, sehingga dengan menggunakan teknik penambangan bawah tanah pun masih dinilai ekonomis.

Tabel 2. Kelas batubara Indonesia berdasarkan nilai kalori (acuan: Keppres No. 13 Tahun 2000 yang diperbaharui oleh PP No. 45 Tahun 2003)

Nilai Kalori (cal/gr)	Kelas Kalori
< 5100	Rendah
5100 – 6100	Sedang
6100 – 7100	Tinggi
> 7100	Sangat Tinggi

Untuk memudahkan pengkelasan daerah potensi, nilai kalori batubara dibedakan menjadi 2 (dua) kelompok yaitu di atas 6100 cal/gr dan di bawah 6100 cal/gr. Penentuan batas nilai kalori ini disesuaikan dengan peringkat kelas kalori yang sudah diterbitkan oleh Direktorat Inventarisasi Sumberdaya Mineral dalam penyusunan neraca sumberdaya batubara Indonesia tahun 2004 (Tabel 2).

Untuk memudahkan penilaian daerah potensi maka dibuatlah semacam pengkelasan daerah potensi berdasarkan faktor-faktor tersebut di atas, seperti yang terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengelompokan daerah potensi batubara untuk tambang bawah tanah

		Tebal (m)	
		< 2	> 2
Nilai Kalori (cal/gr)	< 6100	A	B
	> 6100	C	D

Daerah Potensi A adalah daerah yang memiliki lapisan batubara berketebalan kurang dari 2 m dengan nilai kalori kurang dari 6100 cal/gr. Ditinjau dari segi ekonomis, daerah ini dapat dikatakan kurang berpotensi untuk dikembangkan dengan metoda tambang dalam untuk saat ini. Namun

tidak menutup kemungkinan apabila suatu saat batubara berkalori tinggi sudah sulit diperoleh sementara konsumsi batubara terus meningkat maka batubara berkarakter seperti ini pun ikut diburu.

Daerah Potensi B adalah daerah yang memiliki lapisan batubara berketebalan lebih dari 2 m namun nilai kalorinya kurang dari 6100 cal/gr. Daerah ini memiliki keuntungan lapisan batubara yang cukup tebal sehingga mungkin saja akan menarik untuk dieksplorasi mengingat harga batubara yang mulai meningkat.

Daerah Potensi C adalah daerah yang memiliki lapisan batubara bernilai kalori lebih dari 6100 cal/gr namun lapisannya tidak cukup tebal (kurang dari 2 m).

Daerah Potensi D adalah daerah yang memiliki lapisan batubara berketebalan lebih dari 2 m dengan nilai kalori juga lebih dari 6100 cal/gr. Daerah ini sangat potensial untuk dikembangkan dengan menggunakan tehnik tambang dalam pada masa sekarang ini. Hanya saja dalam pengembangannya harus diperhatikan juga mengenai kemiringan lapisan serta struktur geologi lokal apabila daerah tersebut akan dikembangkan.

HASIL KAJIAN

Berdasarkan peta geologi dan sebaran batubara daerah Bontang dan sekitarnya (Sumaatmadja, ER., 2002) yang dapat dilihat pada Gambar 1, Formasi pembawa Batubara di daerah ini adalah Formasi Pamaluan, Formasi Pulubalang, Formasi Balikpapan dan Formasi Kampungbaru. Endapan batubara berkembang baik pada Formasi Pulubalang dan Formasi Balikpapan yang diendapkan dalam lingkungan delta – laut dangkal pada Miosen Awal – Plio-Plistosen. Sedangkan pada Formasi Pamaluan dan Formasi Kampungbaru endapan batubaranya kurang berkembang dengan baik.

Sumaatmadja, E.R. (2002) juga menyatakan bahwa secara megaskopis batubara dalam Formasi Kampungbaru berwarna coklat kehitaman, agak keras-lunak, dapat diremas, mengotori tangan serta banyak mengandung pengotor resin. Batubara dalam Formasi

Balikpapan berwarna hitam-hitam kecoklatan, cenderung banyak yang agak kusam namun di beberapa tempat *bright* sampai *banded bright*, pecahannya cenderung belah dengan belahan yang agak kasar memotong arah lapisan maupun sejajar lapisan dan lebih mudah dibelah, pada sisi lainnya terdapat sedikit dan setempat-setempat pecahan konkoidal. Sebagai pengotornya terdapat kandungan sulfur yang banyak serta nodul-nodul resin. Sedangkan batubara dalam Formasi Pulubalang berwarna hitam, keras, *bright*, lebih konkoidal (lebih menyerupai kilap kaca), pada bagian tertentu terdapat sedikit pecah belah serta banyak ditemukan mineral pirit. Batubara dalam Formasi Pamaluan berwarna hitam, keras, *bright*, pecahan konkoidal (dengan belah kecil-kecil dan belahan konkoidal).

Endapan batubara di daerah kajian umumnya tersebar menempati sayap-sayap sinklin dengan kemiringan bervariasi mulai dari 5° sampai 78°. Kemiringan lapisan yang tinggi terdapat pada daerah sekitar sumbu lipatan. Jumlah lapisan batubara pada tiap Formasi juga bervariasi. Batubara dari Formasi Balikpapan pada Blok Sungai Mayang terdapat sebanyak 12 seam, pada Blok Sungai Pelakan sebanyak 4 seam, sedangkan pada Blok Bontang terdapat 1 seam batubara (lihat Gambar 1). Ketebalan batubara pada Formasi Balikpapan bervariasi mulai dari beberapa cm sampai 5 meter. Jumlah seam batubara dari Formasi Pulubalang masing-masing sebanyak 20 seam pada Blok Sungai Mayang dan Blok Sungai Pelakan, serta 6 seam pada Blok Bontang. Ketebalan batubara pada Formasi Pulubalang mulai dari beberapa cm sampai dengan 8 meter. Batubara pada Formasi Pamaluan umumnya tersebar dalam bentuk lensa-lensa dengan ketebalan mulai dari beberapa cm sampai 2,5 meter. Sedangkan batubara pada Formasi Kampungbaru hanya terdapat di Blok Bontang dengan ketebalan lapisan diperkirakan lebih dari 1,6 meter.

Berdasarkan kondisi geologisnya, hanya beberapa lapisan batubara yang dapat direkonstruksi sebarannya pada kedalaman 100 sampai 500 meter. Lapisan-lapisan tersebut berasal dari Formasi Balikpapan, Formasi Pulubalang dan Formasi Pamaluan. Setelah dikelompokkan sesuai dengan

Tabel 3 ternyata terdapat 2 jenis daerah potensi, yaitu Daerah Potensi D dan daerah Potensi C. Gambar 2 menunjukkan salah satu contoh rekonstruksi sebaran lapisan batubara dari Formasi Balikpapan yang digambarkan berdasarkan zona kedalaman yaitu zona 100-200 m, zona 200-300 m, zona 300-400 m, serta zona 400-500 m.

Daerah Potensi D yang dicirikan oleh lapisan batubara berketebalan lebih dari 2 m dengan nilai kalori lebih dari 6100 cal/gr, ditemukan pada lapisan-lapisan batubara dari Formasi Balikpapan dan Formasi Pulubalang. Daerah potensi D digambarkan untuk 2 (dua) seam batubara pada Formasi Balikpapan, yaitu B1 dan B2, sampai kedalaman 500 m. Penggambaran yang sama juga digambarkan untuk 3 (tiga) seam batubara dari Formasi Pulubalang yaitu seam P3, P5, P7.1 dan P7.2. Jumlah sumberdaya hipotetik batubara pada Formasi Balikpapan untuk kedalaman 400-500 m adalah **5.345.762** ton. Sedangkan jumlah sumberdaya hipotetik batubara pada Formasi Pulubalang untuk kedalaman 400-500 m adalah **13.772.880** ton. Nilai sumberdaya dari masing-masing lapisan pada tiap zona kedalaman tersaji dalam Tabel 4.

Daerah Potensi C yang dicirikan oleh lapisan batubara bernilai kalori lebih dari 6100 cal/gr namun ketebalan lapisannya kurang dari 2 m juga terdapat di daerah Bontang. Daerah potensi C ini digambarkan untuk 6 (enam) seam batubara pada Formasi Pamaluan sampai kedalaman 500 m, yaitu seam Pm 1, Pm 2, Pm 3, Pm 4, Pm 5 dan Pm 6. Penggambaran yang sama juga digambarkan untuk 2 (dua) seam batubara pada Formasi Balikpapan, yaitu seam B3 dan

B4, serta 8 (delapan) seam batubara pada Formasi Pulubalang, yaitu seam P1, P2, P4, P6, P7, P8, P9 dan P10. Jumlah sumberdaya hipotetik batubara pada Formasi Pamaluan untuk kedalaman 400-500 m adalah **9.288.774** ton. Untuk batubara pada Formasi Pulubalang sumberdaya hipotetiknya sampai kedalaman 400-500 m adalah **21.998.692** ton, sedangkan untuk batubara Formasi Balikpapan pada kedalaman 400-500 m jumlah sumberdaya hipotetiknya adalah **656.378** ton. Rincian sumberdaya dari masing-masing lapisan tersaji dalam Tabel 5.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian ini terlihat bahwa daerah Bontang sangat potensial untuk dikembangkan sebagai tambang batubara bawah tanah untuk saat ini. Namun perlu diingat bahwa kajian yang dilakukan pada tulisan ini masih bersifat kajian awal berdasarkan hasil data sekunder, sehingga apabila hasil ini akan ditindaklanjuti, masih perlu dilakukan penyelidikan lebih lanjut dan lebih detail.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penghargaan yang setinggi-tingginya dihaturkan kepada Ir. Eddy R. Sumaatmadja yang telah mengizinkan penulis untuk menggunakan data daerah Bontang dan sekitarnya, serta kepada Ir. Sukardjo, MSc atas dukungannya sehingga tulisan ini dapat dipublikasikan. Terima kasih juga dihaturkan kepada Hari Puranto, Robert L. Tobing, ST., dan S. Basuki R., ST yang telah membantu dalam penggambaran dan rekonstruksi zona lapisan, serta kepada semua pihak yang telah membantu tersusunnya tulisan ini.

ACUAN

Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, 2004. *Penyusunan neraca batubara Indonesia*.

NEDO – Proyek Alih Teknologi Pertambangan Batubara, 2003. *Perencanaan Penambangan*. Bahan pelajaran pelatihan umum teknik penambangan batubara.

Sumaatmadja, E. R., 2002; *Inventarisasi Batubara Bersistem di Daerah Bontang dan Sekitarnya Kabupaten Kutai Kertanegara, Kutai Timur dan Kota Bontang, Provinsi Kalimantan Timur*.

Tabel 4. Sumberdaya hipotek batu bara kelas Potensi D di daerah Bontang

Formasi	Seam	Dip	Tebal	Sumberdaya Hipotetik			
				100-200 m	200-300 m	300-400 m	400-500 m
Balikpapan (6135 cal/gr)	B 1	25	2,15	1.746.815,40	1.572.133,86	1.414.920,47	1.273.428,43
	B 2	15	6	5.586.192,00	5.027.572,80	4.524.815,52	4.072.333,97
Jumlah Sumberdaya Formasi Balikpapan				7.333.007,40	6.599.706,66	5.939.735,99	5.345.762,39
Pulubalang (6600 cal/gr)	P 3	24	2,06	4.731.415,20	4.258.273,68	3.832.446,31	3.449.201,68
	P 5	24	2,45	6.896.889,00	6.207.200,10	5.586.480,09	5.027.832,08
	P 7.1	40	2,3	1.674.986,40	1.507.487,76	1.356.738,98	1.221.065,09
	P 7.2	65	2,68	5.589.549,00	5.030.594,10	4.527.534,69	4.074.781,22
Jumlah Sumberdaya Formasi Pulubalang				18.892.839,60	17.003.555,64	15.303.200,08	13.772.880,07

Tabel 5. Sumberdaya hipotetik batubara kelas Potensi C di daerah Bontang

Formasi	Seam	Dip	Tebal	Sumberdaya Hipotetik			
				100-200 m	200-300 m	300-400 m	400-500 m
Pamaluan (6400 cal/gr)	Pm 1	59	1,75	535.920,00	535.920,00	535.920,00	535.920,00
	Pm 1	59	0,7	214.368,00	214.368,00	214.368,00	214.368,00
	Pm 2	46	0,72	262.310,00	262.310,00	262.310,00	262.310,00
	Pm 3	36	1,37	1.438.762,00	1.438.762,00	1.438.762,00	1.438.762,00
	Pm 3	39	0,65	271.128,00	271.128,00	271.128,00	271.128,00
	Pm 4	41	0,5	485.046,00	485.046,00	485.046,00	485.046,00
	Pm 5	31	0,65	332.904,00	332.904,00	332.904,00	332.904,00
	Pm 6	5	0,9	2.722.896,00	2.722.896,00	2.722.896,00	2.722.896,00
	Pm 6	5	1	3.025.440,00	3.025.440,00	3.025.440,00	3.025.440,00
Jumlah Sumberdaya Formasi Pamaluan				9.288.774,00	9.288.774,00	9.288.774,00	9.288.774,00

Tabel 5. Sumberdaya hipotetik batubara kelas Potensi C di daerah Bontang (lanjutan)

Formasi	Sea m	Dip	Teb al	Sumberdaya Hipotetik			
				100-200 m	200-300 m	300-400 m	400-500 m
Balikpapan	-	25	0,6	474.127,20	426.714,48	384.043,03	345.638,73
	B3	25	0,6	351.734,40	316.560,96	284.904,86	256.414,38
	B 4	30	1,5	74.520,00	67.068,00	60.361,20	54.325,08
Jumlah Sumberdaya Formasi Balikpapan				900.381,60	810.343,44	729.309,10	656.378,19
Pulubalang	P 1	16	1,5	1.299.942,00	1.169.947,80	1.052.953,02	947.657,72
	P 2.1	22	1	636.804,00	573.123,60	515.811,24	464.230,12
	P 2.2	22	0,9	1.280.930,40	1.152.837,36	1.037.553,62	933.798,26
	P 4.1	26	1,25	2.782.036,80	2.503.833,12	2.253.449,81	2.028.104,83
	P 4.2	26	1,7	3.616.545,60	3.254.891,04	2.929.401,94	2.636.461,74
	P 4.3	25	2	1.129.968,00	1.016.971,20	915.274,08	823.746,67
	P 6	27	1,7	3.153.891,60	2.838.502,44	2.554.652,20	2.299.186,98
	P 7.1	40	2,3	1.674.986,40	1.507.487,76	1.356.738,98	1.221.065,09
	P 7.3	52	1	1.383.037,20	1.244.733,48	1.120.260,13	1.008.234,12
	P 8.1	43	1,52	2.514.265,20	2.262.838,68	2.036.554,81	1.832.899,33
	P 8.2	72	0,7	87.141,60	78.427,44	70.584,70	63.526,23
	P 8.2	72	0,8	99.370,80	89.433,72	80.490,35	72.441,31
	P 8.2	59	1,5	1.535.009,40	1.381.508,46	1.243.357,61	1.119.021,85
	P 8.3	76	1,06	128.142,00	115.327,80	103.795,02	93.415,52
	P 8.3	60	1,86	3.480.116,40	3.132.104,76	2.818.894,28	2.537.004,86
	P. 8.4	56	1,3	664.765,20	598.288,68	538.459,81	484.613,83
	P 8.6	43	1,3	2.053.801,80	1.848.421,62	1.663.579,46	1.497.221,51
	P 9	38	1,3	686.939,40	618.245,46	556.420,91	500.778,82
	P 9	38	0,75	396.311,40	356.680,26	321.012,23	288.911,01
P 10	37	1,2	1.572.526,80	1.415.274,12	1.273.746,71	1.146.372,04	
Jumlah Sumberdaya Formasi Pulubalang				30.176.532,00	27.158.878,80	24.442.990,92	21.998.691,83

PROSPEK PEMANFAATAN ENDAPAN LEMPUNG DANAU LIMBOTO SEBAGAI BAHAN BAKU SEMEN

Oleh :

Kusdarto

Kelompok Program Penelitian Mineral, Pusat Sumber Daya Geologi

SARI

Danau Limboto adalah milik masyarakat provinsi Gorontalo yang terletak di antara Kota Limboto dan Gorontalo. Pada saat ini danau tersebut mengalami pendangkalan dengan volume air hanya berada di bagian tengahnya. Hampir seluruh bagian danau ditutupi lempung hasil proses sedimentasi dari formasi-formasi batuan disekitarnya. Bagian danau yang masih berair telah ditumbuhi oleh tumbuhan eceng gondok atau digunakan sebagai pesawahan, sementara bagian lahan kering digunakan untuk berladang dan beternak.

Di sekitar danau teridentifikasi bahan galian batugamping klastik dengan luas sebaran 3.880 Ha dan batugamping terumbu dengan luas sebaran 10.193 Ha, yang masing-masing mempunyai potensi sumber daya sekitar 1.900.000.000 m³ dan 3.324.550.000 m³. Terdapat lahan pesawahan dan pemukiman yang luas mengandung bahan galian lempung Limboto, pasiran dan berwarna coklat; membentuk hamparan seluas 3.000 Ha dengan ketebalan rata-rata 20 m, berpotensi sumber daya tereka sekitar 600.000.000 m³.

Dengan dikembangkannya industri semen di Provinsi Gorontalo, diharapkan bahwa sumber daya batugamping dan lempung dapat digunakan untuk bahan baku dan lebih jauh lagi bahwa bekas penambangan yang ditinggalkannya akan mengembalikan fungsi danau sebagai reservoir air, lahan peternakan ikan, obyek pariwisata dan tidak menutup kemungkinan untuk pencegah bencana banjir di sekitar Limboto dan Gorontalo

ABSTRACT

Lake Limboto belongs to the society of Gorontalo Province which located in between Limboto and Gorontalo. Currently, the lake is experienced a superficiality with appearance of water volume is just at its center. Most entirely lake covered by clay deposit originating from sedimentation processes of the surrounded rock formation at the lake area. The lake's part with water pond has been grown by eceng gondok or cultivated rice field, whilst the dry part was utilized for farm and poultry.

In the vicinity of lake was identified deposits of clastic limestone with distribution area of 3,880 Ha and reef limestone with its area of 10,193 Ha having resources potencies respectively of 1,900,000,000 and 3,324,550,000 cubic metres. There are the areas of rice field and settlement containing sandy clay deposit of Limboto with brown in color; which distribute within an area of 3,000 Ha with an average thickness of 20 metres and having potential inferred resources of approximately 600,000,000 cubic metres.

Concerning with development of cement industry in Gorontalo province, that the resources of limestone and clay could be usefull for cement industrial raw material and further that the abandoned exploitation area would recreate the lake functions such as water reservoir, fishing area, tourism object and enable to prevent flood hazard of the surrounding Limboto and Gorontalo.

PENDAHULUAN

Lempung merupakan bahan baku utama industri semen selain batugamping. Pemilihan

lempung Danau Limboto sebagai salah satu bahan baku semen seiring dengan rencana rehabilitasi danau. Danau tersebut terhampar di ketinggian 4,50

meter di atas permukaan laut (dpl) dengan luas \pm 3000 hektar dan selama ini telah mengalami pendangkalan. Danau ini dikelilingi oleh lima kecamatan, yaitu : Kecamatan Limboto, Telaga, Telaga Biru, Batuda'a, dan Kota Barat yang termasuk ke dalam wilayah Gorontalo Kota. Selain Sungai Bone Bolango, Danau Limboto ini merupakan muara dari empat sungai besar yang berhulu di Kabupaten Gorontalo, yaitu : Sungai Alo, Sungai Daenaa, Sungai Bionga, dan Sungai Molalahu. Sementara itu, danau ini juga merupakan hulu dari Sungai Tapodo yang muaranya menyatu dengan Sungai Bone Bolango yang kemudian mengalir ke laut.

Laju pendangkalan danau diakibatkan erosi oleh 11 sungai yang bermuara disana cukup mengesankan. Pada tahun 1932, luas danau tersebut masih 7.000 Ha, dengan kedalaman mencapai 30 meter. Dalam tempo 30 tahun, yaitu 1962, luasnya menyusut menjadi 4.250 Ha dan berkedalaman hanya 10 meter. Pada penelitian tahun 2002 lalu, telah menyusut menjadi 3.000 Ha dan kedalaman rata-ratanya hanya dua meter. Tanah timbul danau seluas 637 Ha sudah berubah menjadi sawah, 329 Ha menjadi ladang, 1.272 Ha berubah menjadi perkampungan dan 42 Ha sisanya untuk keperluan lainnya.

Untuk merehabilitasi danau tersebut Pemerintah Jepang lewat program JICA (Japan International Cooperation Agency) telah menyanggupi memberi bantuan dana sebesar Rp500 miliar untuk memperbaiki DAS Danau Limboto, yang tentu saja akan mengeruk tanah/lempung yang menimbuni danau dalam jumlah besar, sehingga membuang tanah hasil kerukan akan menjadi masalah baru yang akan timbul, dengan didirikannya industri semen maka tanah kerukan tersebut akan dimanfaatkan sebagai bahan baku semen.

Tulisan ini dimaksudkan untuk mengkaji kemungkinan penggunaan lempung endapan danau Limboto sebagai bahan baku semen, dalam rangka membantu Pemerintah Daerah Provinsi Gorontalo sesuai kerangka kerjasama antara Direktorat Jenderal Geologi dan Sumber Daya Mineral dengan Pemda Provinsi Gorontalo.

GEOLOGI DAERAH DANAU LIMBOTO DAN SEKITARNYA

Berdasarkan kenampakan di lapangan maupun peta topografi daerah Limboto dan sekitarnya dapat di bagi atas 2 (dua) satuan morfologi yaitu :

- Satuan Morfologi Pedataran, satuan ini ditempati oleh endapan alluvial Danau (Qpl) dan endapan alluvial pantai (Qal), merupakan daerah pemukiman dan pertanian, menempati bagian tengah dan tenggara

Satuan Morfologi Perbukitan Terjal, satuan ini ditempati oleh : Satuan Batugamping Terumbu (Ql), Batugamping Klastik (TQl), Batuan Gunungapi Pinogu (TQpv) berupa aglomerat dan lava, Batuan Gunungapi Bilungala (Tmbv) berupa breksi dan lava, Formasi Tinombo (Teot) berupa breksi, lava, lanau, pasir dan gamping, Diorit Boliohuto (Tmbo) dan Satuan Diorit Bone (Tmb), menempati bagian selatan dan utara. Mempunyai relief yang kasar dan lereng terjal.

Secara geologi, daerah Limboto dan sekitarnya disusun oleh satuan batuan dengan urt-urut stratigrafi dari muda ke tua sebagai berikut :

- Endapan Aluvial pantai (Qal) dan Endapan Danau (Qpl), terdiri dari lumpur, lempung, lanau, pasir, kerikil dan kerakal.
- Satuan Batugamping Terumbu (Ql), terdiri dari koral, berwarna putih sampai kecoklatan, tidak selaras di atas Batuan Gunungapi Pinogu dan satuan Batuan Granit, menempati bagian tengah dan selatan.
- Satuan Batuan Gunungapi Pinogu (TQpv), berupa breksi, aglomerat dan lava andesit, menempati bagian selatan
- Satuan Batuan Gunungapi Bilungala (Tmbv), berupa breksi, tuf dan lava bersusunan andesit sampai basalt, menempati bagian utara Satuan Batuan Diorit Boliohuto (Tmbo), berupa diorit dan granodiorit, menempati bagian selatan daerah pemetaan.
- Satuan Batuan Diorit Bone (Tmb) berupa granit, berwarna putih, setempat kemerahan bintik hitam,

meter di atas permukaan laut (dpl) dengan luas \pm 3000 hektar dan selama ini telah mengalami pendangkalan. Danau ini dikelilingi oleh lima kecamatan, yaitu : Kecamatan Limboto, Telaga, Telaga Biru, Batuda'a, dan Kota Barat yang termasuk ke dalam wilayah Gorontalo Kota. Selain Sungai Bone Bolango, Danau Limboto ini merupakan muara dari empat sungai besar yang berhulu di Kabupaten Gorontalo, yaitu : Sungai Alo, Sungai Daenaa, Sungai Bionga, dan Sungai Molalahu. Sementara itu, danau ini juga merupakan hulu dari Sungai Tapodo yang muaranya menyatu dengan Sungai Bone Bolango yang kemudian mengalir ke laut.

Laju pendangkalan danau diakibatkan erosi oleh 11 sungai yang bermuara disana cukup mengesankan. Pada tahun 1932, luas danau tersebut masih 7.000 Ha, dengan kedalaman mencapai 30 meter. Dalam tempo 30 tahun, yaitu 1962, luasnya menyusut menjadi 4.250 Ha dan berkedalaman hanya 10 meter. Pada penelitian tahun 2002 lalu, telah menyusut menjadi 3.000 Ha dan kedalaman rata-ratanya hanya dua meter. Tanah timbul danau seluas 637 Ha sudah berubah menjadi sawah, 329 Ha menjadi ladang, 1.272 Ha berubah menjadi perkampungan dan 42 Ha sisanya untuk keperluan lainnya.

Untuk merehabilitasi danau tersebut Pemerintah Jepang lewat program JICA (Japan International Cooperation Agency) telah menyanggupi memberi bantuan dana sebesar Rp500 miliar untuk memperbaiki DAS Danau Limboto, yang tentu saja akan mengeruk tanah/lempung yang menimbuni danau dalam jumlah besar, sehingga membuang tanah hasil kerukan akan menjadi masalah baru yang akan timbul, dengan didirikannya industri semen maka tanah kerukan tersebut akan dimanfaatkan sebagai bahan baku semen.

Tulisan ini dimaksudkan untuk mengkaji kemungkinan penggunaan lempung endapan danau Limboto sebagai bahan baku semen, dalam rangka membantu Pemerintah Daerah Provinsi Gorontalo sesuai kerangka kerjasama antara Direktorat Jenderal Geologi dan Sumber Daya Mineral dengan Pemda Provinsi Gorontalo.

GEOLOGI DAERAH DANAU LIMBOTO DAN SEKITARNYA

Berdasarkan kenampakan di lapangan maupun peta topografi daerah Limboto dan sekitarnya dapat di bagi atas 2 (dua) satuan morfologi yaitu :

- Satuan Morfologi Pedataran, satuan ini ditempati oleh endapan alluvial Danau (Qpl) dan endapan alluvial pantai (Qal), merupakan daerah pemukiman dan pertanian, menempati bagian tengah dan tenggara

Satuan Morfologi Perbukitan Terjal, satuan ini ditempati oleh : Satuan Batugamping Terumbu (Ql), Batugamping Klastik (TQl), Batuan Gunungapi Pinogu (TQpv) berupa aglomerat dan lava, Batuan Gunungapi Bilungala (Tmbv) berupa breksi dan lava, Formasi Tinombo (Teot) berupa breksi, lava, lanau, pasir dan gamping, Diorit Boliohuto (Tmbo) dan Satuan Diorit Bone (Tmb), menempati bagian selatan dan utara. Mempunyai relief yang kasar dan lereng terjal.

Secara geologi, daerah Limboto dan sekitarnya disusun oleh satuan batuan dengan urt-urut stratigrafi dari muda ke tua sebagai berikut :

- Endapan Aluvial pantai (Qal) dan Endapan Danau (Qpl), terdiri dari lumpur, lempung, lanau, pasir, kerikil dan kerakal.
- Satuan Batugamping Terumbu (Ql), terdiri dari koral, berwarna putih sampai kecoklatan, tidak selaras di atas Batuan Gunungapi Pinogu dan satuan Batuan Granit, menempati bagian tengah dan selatan.
- Satuan Batuan Gunungapi Pinogu (TQpv), berupa breksi, aglomerat dan lava andesit, menempati bagian selatan
- Satuan Batuan Gunungapi Bilungala (Tmbv), berupa breksi, tuf dan lava bersusunan andesit sampai basalt, menempati bagian utara Satuan Batuan Diorit Boliohuto (Tmbo), berupa diorit dan granodiorit, menempati bagian selatan daerah pemetaan.
- Satuan Batuan Diorit Bone (Tmb) berupa granit, berwarna putih, setempat kemerahan bintik hitam,

umumnya terkekarkan, pelapukan mengulit bawang. Batuan segar berupa bongkah dijumpai pada lereng bukit dan puncak-puncak bukit, menempati bagian utara.

- Satuan Batuan Formasi Tinombo (Teot) berupa lava basal, basal sepilitan, lava andesit, breksi gunungapi, batupasir *wacke*, batulanau, batupasir hijau, batugamping merah, batugamping kelabu dan batuan termalihkan lemah, menempati bagian selatan.

POTENSI DAN PROSPEK PEMANFAATAN

Batugamping di daerah Limboto dan sekitarnya terdapat dua macam batugamping yaitu batugamping klastik (TQI) dan batugamping terumbu (QI). Batugamping klastik terdiri dari kalkarenit dan kalsirudit yang pada umumnya berwarna krem kekuningan sampai krem keabu-abuan, keras dan kompak, berbutir sedang sampai kasar, sebarannya di daerah utara Danau Limboto, memanjang arah hampir barat-timur di daerah Kecamatan Tibawa dan Limboto, setempat membentuk perbukitan cukup terjal dengan ketinggian hampir 80 m dari muka jalan, seperti di daerah Molalahu dan Datahu, Kecamatan Tibawa. Sedangkan Batugamping Terumbu umumnya berwarna putih, putih kecoklatan, kemerahan, terbentuk dari cangkang koral, ganggang, setempat dijumpai moluska, sebaran di sebelah selatan Danau Limboto memanjang barat-laut-tenggara dan di daerah sekitar pantai bagian selatan, mengisi lekukan-lekukan di atas granit dan batuan vulkanik, umumnya lunak dan rapuh, setempat padu dan keras membentuk dinding-dinding terjal, terdapat di wilayah Batudaa Pantai.

Batugamping di Kota Gorontalo dijumpai di daerah-daerah : Kelurahan Pilolodaa, Buluide, Lekobalo, Kecamatan Kota Barat. Kelurahan Tanjungkeramat, dan Desa Botu, Kecamatan Kota Selatan. Sedangkan batugamping di Kabupaten Gorontalo dijumpai di daerah-daerah : di wilayah Kecamatan Batudaa Pantai, terdapat di Desa Lopo, Biluhu Timur, Kayubulan, Tontayua, Lamu, Huwongo, Lobuto, Lulu, Biluhu Tengah dan Olimoo. Di wilayah Kecamatan Batudaa, terdapat di Desa Huntu, Iluta, Tabongo Timur, Lemehe Barat, Bua, Payunga dan

Tabongo Barat. Di wilayah Kecamatan Bongomeme terdapat di Desa Pilangeo, Bongomeme, Dulamayo, Upomela, Kaliyoso, Ilomata dan Molopatodu. Di wilayah Kecamatan Tibawa terdapat di Desa Iloponu, Yosonegoro, Datahu, Molalahu, Reksonegoro, Tridarma, Isimu Utara dan Pongongaila. Di wilayah Kecamatan Limboto terdapat di Desa Daena, Pone, Ombulo dan Padongu.

Sumber daya batugamping dihitung berdasarkan perhitungan = luas sebaran x tinggi rata-rata, dengan ketinggian dihitung dari permukaan jalan atau daerah datar di sekitarnya. Batugamping yang terdapat di bawah permukaan jalan atau dibawah permukaan datar di wilayah sekitarnya tidak termasuk dalam perhitungan, kaitannya untuk mencegah penambangan yang menghasilkan lubang-lubang besar. Luas sebaran batugamping klastik sekitar 3.880 ha, dengan sumber daya hipotetik sekitar 1.900.000.000 m³ atau 9.121.043.500 ton; dan luas sebaran batugamping terumbu 10.193 ha dengan sumber daya hipotetik sekitar 3.324.550.000 m³ atau 5.132.520.000 ton. Luas sebaran batugamping seluruhnya (batugamping klastik dan batugamping terumbu) di wilayah Limboto dan sekitarnya 14.073 ha dengan sumberdaya hipotetik sekitar 5.224.550.000 m³ atau 14.253.563.500 ton dibulatkan 14 milyar ton .

Lempung Limboto terbentang luas membentuk hamparan pesawahan dan pemukiman penduduk., merupakan endapan danau umumnya berwarna coklat dan pasiran. Luas sebaran sekitar 3000 ha, ketebalan rata-rata 20 m , sumber daya tereka sekitar 600 juta m³ atau 1,2 milyar ton. Mengacu kepada sumber daya tersebut diperkirakan bahwa masa hidup pabrik semen akan lebih dari 100 tahun, dengan produksi 2,5 juta ton semen pertahun.

Hasil analisis kimia batugamping di wilayah ini cukup baik menunjukkan susunan CaO rata-rata di atas 50 % (51, 72 %), MgO dibawah 2 % (1,04 %).

Konsumsi semen Indonesia untuk tahun 2004/2005 mengalami kenaikan sebesar 10 %. Penjualan industri semen nasional dalam enam bulan pertama tahun 2004 mengalami peningkatan 9% dibandingkan periode sama tahun lalu. Berdasarkan data Asosiasi Semen Indonesia, per Juni 2004

konsumsi semen nasional mencapai 13,83 juta ton dibandingkan Juni tahun 2003 hanya 12,69 juta ton. Kenaikan konsumsi semen nasional pada paruh pertama tahun 2004 sangat tinggi dibandingkan kenaikan tahun 2003. Jumlah konsumsi 12,69 juta ton per Juni 2003 hanya naik 0,4% dibandingkan Juni 2002 yang sebesar 12,57 juta ton. Sedangkan secara keseluruhan tahun, pada 2003 pun hanya terjadi kenaikan konsumsi 1% yaitu total 27,47 juta ton dari sebelumnya 27,19 juta ton pada 2002.

Pada tahun 2004 pertumbuhan konsumsi semen nasional diperkirakan dapat mencapai sekitar 10% karena pada semester II konsumsi semen pada umumnya lebih tinggi. Pertumbuhan konsumsi tersebut diperkirakan masih dapat berlanjut hingga tahun 2005 seiring terus meningkatnya pertumbuhan sektor properti dan konstruksi, serta meningkatnya pertumbuhan ekonomi. Kapasitas industri semen nasional sebesar 47 juta ton setahun. Namun, karena krisis dan permintaan yang turun, utilisasi kapasitas produksinya hanya 36 juta ton (71,7%). Salah satu cara untuk memenuhi permintaan konsumen adalah dengan investasi baru. Investasi baru (grassroot) memerlukan 150-200 dolar AS per ton kapasitas dan untuk pengembangan 100-150 dolar AS per ton kapasitas. Total komponen biaya energi dari biaya produksi di industri semen mencapai 45%. Dari jumlah tersebut, 27% diantaranya berasal dari batu bara, sedangkan sisanya berupa listrik, gas, dan minyak.

Tiga pabrik semen yang merencanakan optimalisasi kapasitas produksi, yaitu Semen Gresik, Semen Tonasa dan Semen Padang. Semen Gresik akan mengoptimalkan pabrik Tuban I sebesar 500.000 ton pada 2004, Tuban II 500.000 ton pada 2005 dan Tuban III 500.000 ton pada 2006. Sementara optimalisasi Tonasa III mencapai 1 juta ton mulai 2005 dan Tonasa V lebih besar lagi dengan kapasitas 2,3 juta ton tahun 2010. PT Semen Padang telah merencanakan optimalisasi 500.000 ton pada pabrik Indarung V tahun 2006.

ACUAN

Apandi, T., 1977, *Peta Geologi Lembar Kotamobagu skala 1 : 250.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung

Dari data pertumbuhan permintaan semen diatas cukup beralasan bagi Pemerintah Provinsi Gorontalo untuk mendorong terciptanya industri semen di Gorontalo.

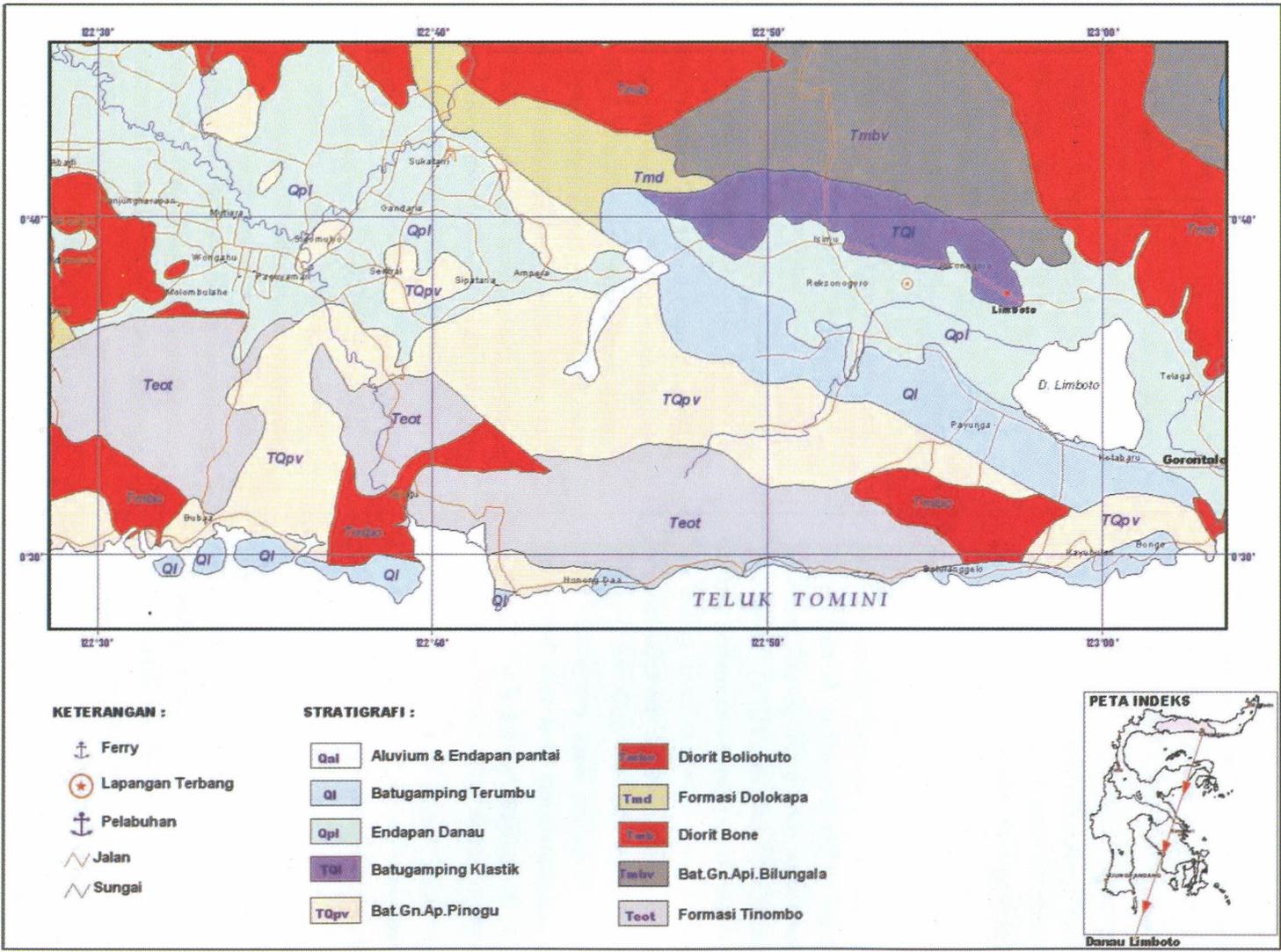
KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil kajian dan evaluasi potensi batugamping di Provinsi Gorontalo dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Luas sebaran batugamping seluruhnya (batugamping klastik dan batugamping terumbu) di wilayah Limboto dan sekitarnya 14.073 ha dengan sumber daya hipotetik sekitar 5.224..550.000 m³ atau 14.253.563.500 ton dibulatkan 14 milyar ton . Lempung Limboto merupakan endapan danau umumnya berwarna coklat dan pasir. Luas sebaran sekitar 3000 ha, ketebalan rata-rata 20 m , sumberdaya tereka sekitar 600 juta m³ atau 1,2 milyar ton, dengan sumber daya tersebut maka masa hidup pabrik semen akan lebih dari 100 tahun, dengan produksi 2,5 juta ton semen per tahun.
- Pertumbuhan konsumsi tersebut diperkirakan masih dapat berlanjut hingga tahun 2005 seiring terus meningkatnya pertumbuhan sektor properti dan konstruksi, serta meningkatnya pertumbuhan ekonomi. Dari data pertumbuhan permintaan semen diatas cukup beralasan bagi Pemerintah Provinsi Gorontalo untuk mendorong terciptanya industri semen di Gorontalo.
- Diharapkan dengan berdirinya industri semen dengan menggunakan lempung hasil kerukan danau Limboto, selain Provinsi Gorontalo mempunyai industri semen, juga akan mengembalikan fungsi danau pada masa lalu, yaitu sebagai reservoir air, perikanan, pariwisata dan tidak tertutup kemungkinan, bencana banjir di sekitar kota Limboto dan Gorontalo tidak kan terjadi lagi.

Bachri, S., dkk., 1993, *Peta Geologi Lembar Tiannuta dan skala 1 : 250.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung

Kusdarto, dkk., 2003, *Penyelidikan/Survei Potensi Mineral di Provinsi Gorontalo*, Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Gorontalo



Gambar 1 Peta Geologi dan sebaran batu gamping daerah sekitar danau Limboto dan Bubaa Propinsi Gorontalo

RESERVOAR DAN MODEL PANAS BUMI DI G. PUMA, KABUPATEN DOMPU, P. SUMBAWA BERDASARKAN KARAKTER GEOLOGI, GEOKIMA DAN GEOFISIKA

Oleh:

Herry Sundhoro, Bakrun, Bangbang Sulaeman, Timor Situmorang, Dikdik Risdianto dan Edi Sumardi

Kelompok Program Penelitian Panas Bumi, Pusat Sumber Daya Geologi

SARI

Metode terpadu geologi, geokimia dan geofisika lazim diaplikasikan dalam kajian reservoir suatu panas bumi. Di lapangan panas bumi G.Puma, Kabupaten Dompu, Pulau Sumbawa; ketiga metode tersebut digunakan untuk mengidentifikasi daerah *up-flow* yang berperan sebagai cerminan reservoir di wilayah tersebut. Mengacu kepada data bentangan anomali geolistrik $AB/2 = 1.000$ m dan nilai tahanan jenis $15 - 5 \Omega m$ maka diperoleh daerah prospek panas bumi seluas ± 10 km², dimana suhu fluida di kedalaman bawah permukaan menunjukkan $180^{\circ}C$ dengan perkiraan cadangan sebesar $\pm 60 - 70$ Mwe.

Model panas bumi juga penting dibuat karena berperan penting dalam upaya mengurangi risiko-risiko pada pemboran sumur untuk menghasilkan fluida panas selama berlangsung tahap kegiatan survei landaian suhu, eksplorasi atau eksploitasi. Model panas bumi G.Puma telah diidentifikasi terdiri atas : Sumber panas yang diduga berupa tubuh magma di kedalaman bawah permukaan, zona reservoir berupa sistem air panas pada kedalaman $> - 900$ hingga $- 1600$ m, batuan penutupung lempung berubah sebagai hasil sentuh antara batuan vulkanik dengan fluida panas, serta batuan konduktif berupa batuan dasar berumur Tersier kristalin dan tersilisifikasi. Transfer panas terkonduksi oleh batuan dasar sedangkan sistem konveksi tersalurkan dalam bentuk fluida panas yang terdiri atas gas, air panas dan uap panas.

ABSTRACT

Integrated geological, geochemical and geophysical methods is normally applied in an investigation of geothermal reservoir. These three methods was utilized for identification of up-flow zone in the G.Puma, Dompu Regency, Sumbawa Island and then enabled to detect this zone as expression of geothermal reservoir at the area. Based on the geoelectricity anomaly data of $AB/2 = 1,000$ metres length and $15 - 5 \Omega m$ of resistivity value, there was a geothermal prospect area of ± 10 square km with a geothermometer fluid calculation of $180^{\circ}C$ beneath surface and a predicted geothermal reserve of ± 60 to 70 Mwe.

An application of geothermal model is importantly done to minimize some risks of well drilling during a thermal gradient survey, exploration or exploitation wells activity. The model of G.Puma's geothermal system had been identified consisting of : A heat source was presumably as a magma body beneath the surface, a reservoir zone (feed zone) as dominated hot water system at the depth of $> - 900$ to $- 1,600$ m, a cap rock of altered clay originating from contact result of volcanic rock and a hot fluid, and a conductive silicified-cristaline basement rock of Tertiary age. Heat transfer was conducted by the basement rock, whilst the system of convection was contributed by the hot fluid consisting of gas, hot water and steam.

PENDAHULUAN

Pulau Sumbawa terletak di jalur gunungapi (*volcanic belt*) dari *orogen* Sunda. Di permukaan bumi di sepanjang jalur tersebut banyak dijumpai kehadiran manifestasi panas sebagai indikasi hadirnya energi

panas bumi di kedalaman. Energi tersebut apabila di kelola secara sistematik akan berpeluang menghasilkan energi listrik.

Energi listrik yang merupakan ekstraksi dari fluida uap dan airpanas (*steam and hot water*), dihasilkan melalui suatu lubang sumur pengeboran panas bumi.

Mengingat dana pengeboran sumur yang sangat besar dengan risiko kegagalan yang cukup tinggi, seperti halnya pengeboran minyak dan gas alam, maka perlu dilakukan estimasi luas daerah reservoir dan pembuatan model panas bumi di dalam mendukung aktivitas fisik pengeboran sumur - sumur yang akan menghasilkan fluida panas.

Potensi panas bumi di G. Puma yang berada di batuan vulkanik mempunyai estimasi cadangan terduga $\pm 60 - 70$ Mwe, dengan zona prospek seluas $\pm 10 \text{ km}^2$ dan estimasi suhu di kedalaman bertemperatur 180°C . Model panas bumi akan di aplikasikan sebagai acuan dasar bagi pekerjaan fisik pengeboran sumur untuk menghasilkan fluida panas yang akan dimanfaatkan bagi keperluan tenaga listrik.

Areal bahasan berada di koordinat $124^\circ 50' 03'' - 125^\circ 08' 02''$ BT dan $08^\circ 08' 35'' - 08^\circ 23' 43''$ LS, dalam wilayah Kecamatan Hu'u Rasabau, Kabupaten Dompu, NTB (Gbr 1).

LINGKUP BAHASAN DAN METODOLOGI

Penghitungan luas daerah reservoir dan pemodelan panas bumi di tubuh G. Puma di dasarkan kepada kajian geosaintifik terpadu (geologi, geokimia dan geofisika). Selanjutnya simulasi reservoir yang akurat, dilakukan setelah usai aktivitas pengeboran sumur LS atau sumur eksplorasi yang menghasilkan fluida panas. Guna mengetahui karakter dari formasi batuan, *thermal gradient*, parameter suhu dan tekanan (P & T) fluida panas di kedalaman daerah.

Metoda geologi mengaplikasikan lintasan random memakai alat GPS (*Global Positioning System*). Sampel batuan yang selektif dianalisis untuk menghasilkan simpulan dari sekuen batuan, struktur geologi, struktur *basement* dan distribusi batuan vulkanik berumur Resen. Umur formasi diambil berdasarkan referensi dan analisis *fision track dating* sampel lava G. Puma, yang menunjukkan berumur Miosen Atas ($5.8 \pm 0.2 \text{ Ma}$).

Metoda geokimia dan geofisika difokuskan di wilayah munculan manifestasi panas. Lintasan sampling dibuat grid $1000 \times 250 \text{ m}$ yang memotong sesar dan disesuaikan dengan topografi lapangan.

Sampel airpanas dianalisis kation, anion, isotop ^{18}O dan *Deuterium*, untuk uji tipe dan lingkungan melalui diagram segitiga $\text{Cl-SO}_4\text{-HCO}_2$, $\text{Cl}/100\text{-Li-B}/4$ dan $\text{Na}/1000\text{-K}/100\text{-}\sqrt{\text{Mg}}$. Estimasi geotermometer mengaplikasikan unsur SiO_2 , Na/K , Na-K-Ca dan K-Mg .

Sampel tanah dan udara tanah di kedalaman - 1 m, dianalisis konsentrasi Hg dan CO_2 , untuk daerah anomali sebagai indikasi daerah *up - flow*.

Geofisika memakai 4 cara, yaitu: geo - magnet, gaya berat, geo - listrik dan Head - On.

Pendataan intensitas magnet dilakukan dengan magnetometer tipe G-856, G-836 dan G-826. Ketelitian 0.1, 1.0 dan 10 nT dan harga IGRF 45.210 nT serta variasi harian berharga fluktuasi antara $45.125 - 45.212 \text{ nT}$.

Gaya berat dipakai untuk merekonstruksi struktur di kedalaman, dengan nilai Densitas dipakai 2.42 gr/cm^3 , sesuai formasi batuan di lapangan.

Geo-listrik menggunakan cara *Schlumberger* berbentuk simetris. Pengukuran tahanan jenis semu $\text{AB}/2=250, 500, 750$ dan 1000 m , dibuatkan peta anomalnya, dengan pengukuran yang representatif dipakai $\text{AB}/2= 1000 \text{ m}$. Penampang tahanan jenis semu dibuat di semua lintasan, dengan pengukuran tahanan jenis sebenarnya di lakukan pada titik - titik yang representatif.

GEOLOGI

Geomorfologi, berdasarkan kepada bentuk bentang alam, pola aliran sungai, tingkat erosi, jenis batuan, kemiringan lereng dan struktur geologi, daerah bahasan dikelompokkan menjadi 4 satuan morfologi, yaitu: Satuan dataran pantai (SDP), Satuan dataran rendah (SDR), Satuan vulkanik Puma (SVP) dan Satuan vulkanik Wawosigi (SWW) .

Stratigrafi, Pemetaan dengan interpretasi *citra landsat* dan petrografi batuan yang representatif, mengasumsikan bahwa di daerah ada 12 satuan batuan. Urutan tua ke muda adalah:

Satuan lava G. Wawosigi 1/Tmlw 1, Satuan lava G. Wawosigi 2/Tmlw 2, Satuan breksi G. Wawosigi/Tmbw, Satuan aliran piroklastik G.

Wawosigi/Tmaw, Satuan lava G. Puma 1/Tmlp 1, Satuan jatuhan piroklastik G. Puma/Tmjp, Satuan lava G. Puma 2 /Tmlp 2, Satuan aliran piroklastik G. Puma/Tmap, Satuan lava G. Puma 3/Tmlp 3, Satuan terumbu/ koral (Qgt), Satuan sedimen pantai (Qsp) dan Aluvium (Qa) (Gbr 3).

Struktur geologi, dicerminkan oleh bentuk: *depresi*, kelurusan tofografi, paset segi tiga, gawir sesar, kekar, *off - set* batuan, zona breksiasi, alterasi argilik dan mataair panas. Berdasar cermin tersebut, ada 3 perioda sesar normal, yaitu:

- Periode I, arah barat-timur (Lakei), barat baratlaut-timurtenggara (Hu'u) dan timurlaut-baratdaya (Daha).
- Periode II, arah baratlaut-tenggara (Madawa) dan pasangan sesar Hu'u di utara dan sesar Ncangga di selatan.
- Periode III, arah utara-selatan (Lamea dan Tolokuta), dengan blok timur relatif turun (Gbr 3).

Geohidrologi, Daerah resapan (*re-charge*) berada di morfologi SVW dan SVP. Mencakup ± 65 % luas daerah, Puncak - puncak kerucut berketinggian + 1300 hingga + 1700 m dpl. Air hujan yang turun sebagian meresap ke bumi secara gravitasi melalui *feed - zone* untuk selanjutnya menjadi kantong air (akumulasi air tanah dalam dan dangkal = *catchment area*).

Daerah *dis-charge* berada di morfologi SDP dan SDR, mencakup ± 35 % dari luas daerah. Air hujan/*meteoric water* yang meresap ke bumi melalui *feed - zone*, sebagian lagi secara gravitasi mengalir ke elevasi rendah dan muncul di pedataran berupa mataair. Sedangkan yang mengalir di permukaan bumi berupa sungai - sungai, sebagai *run - off water*, selanjutnya mengalir ke lautan.

GEOKIMIA

Manifestasi panas, ada 9 air panas, di Lacoa, Sori Rewa (Ama Eno Rewa), Lapui, Huu 1 (S. Huu), Huu 2 (Sori Owa), Lekai, Limea, Ncangga 1 dan 2 dan alterasi *hydrothermal* bertipe argilik di Lamea, Cangga dan Pure (Gbr 2).

Karakter airpanas, kandungan unsur di uji dalam diagram Cl-SO₄-HCO₃ yang menunjukkan bahwa

airpanas Lacoa, Sori Rewa, Lapui, Lakai, Huu-1, 2 dan Cangga 1 bertipe bikarbonat. Airpanas Cangga 2 bertipe sulfat dan Limea bertipe klorida (Gbr 4 A).

Hasil uji dalam diagram segitiga Na/1000-K/100-√Mg, menunjukkan bahwa semua air panas ada di *immature water* (Gbr 4 B).

Tipe bikarbonat artinya bahwa air panas terbentuk dari larutnya gas CO₂ di kedalaman dan selanjutnya terkontaminasi oleh air permukaan (*meteoric - water*).

Tipe sulfat artinya berkecenderungan berasal dari reservoir yang mengandung gas-gas vulkanik (*up - flow system*).

Air panas Limea yang bertipe klorida, secara fisik menunjukkan konsentrasi Cl tinggi akibat kontaminasi oleh airlaut.

Immature water mengindikasikan bahwa dominannya fluida dipengaruhi oleh air permukaan. Fenomena tersebut didukung grafik isotop δD (*Deuterium*) Vs δ¹⁸O, yang menunjukkan letaknya mendekati ke garis MWL (*meteoric water line*). Artinya mataair panas tersebut sudah terkontaminasi air permukaan. (Gbr 5).

Estimasi suhu bawah permukaan, Sampel airpanas yang representatif untuk Geothermometer berasal dari air panas Cangga 2. Estimasi suhu di bawah bumi mengaplikasikan *Silica conductive cooling*, nilainya adalah 180° C (entalpi menengah = *medium enthalphy*).

Anomali Hg dan CO₂, nilai konsentrasi Hg tanah antara 20-1425 ppb, nilai CO₂ udara tanah 0.03-1.95 %. Nilai ambang batas (*background value*) Hg 720 ppb dan CO₂ 0.60 % (v/v).

Sebaran konsentrasi Hg tanah dan CO₂ udara tanah di - 1 m, menunjukkan bahwa anomali Hg dan CO₂ terfokuskan di sepanjang Doro Nangasia, Ncangga dan Doro Wowosigi - Nangadoro dengan pola utara - selatan (Gbr 6 A, B). Daerah tersebut merupakan zona lemah, sehingga ada munculan mata air panas Huu 1, 2 dan Cangga 1, 2.

GEOFISIKA

Geomagnet, anomali magnet total memperlihatkan ada kelurusan berarah baratlaut - tenggara dan

baratdaya -timurlaut, yang ditafsirkan sebagai struktur sesar (Gbr 7).

Anomali tinggi nilai 0-670 nT membentuk kutub melingkar di utara, tengah, timurlaut, baratdaya dan selatan. Batuan ditafsirkan bersifat magnetik sedang-tinggi, berupa andesit dan lava yang muncul ke permukaan.

Anomali rendah nilai 0-886 nT menyebar di utara, selatan, timurlaut, tengah dan baratdaya, batuan ditafsirkan non-magnetik berupa ubahan akibat fluida panas.

Anomali sedang nilai 0-100 dan 0 sampai -100 nT, tersebar di seluruh daerah dengan batuan ditafsirkan bersifat non-magnetik berupa breksi/ piroklastik.

Gayaberat, hasil yang representatif berupa peta anomali *residual*. Peta merupakan ekstraksi anomali *bouguer* dan anomali *regional* yang bersifat anomali gaya berat lokal. Peta tersebut merupakan respon dari batuan yang dangkal di bawah permukaan. Berdasarkan interpretasi kelurusan kontur, ada 5 patahan berarah tenggara - baratlaut dan 2 patahan berarah baratdaya - timurlaut.

Pola lineasi kontur berarah tenggara -baratlaut dikelompokkan menjadi 4 anomali, yaitu: anomali rendah < -5 mgal menyebar arah timurlaut dan tenggara, anomali sedang harga -5 s/d 0 mgal dan 0 s/d 5 mgal berada di timur dan anomali tinggi > 5 mgal menempati bagian tengah dan utara (Gbr 8).

Geolistrik, anomali tahanan jenis semu $AB/2 = 1000$ m berpola mirip dengan bentangan pendek. Anomali nilai sedang berada di lintasan B dan D, sedang anomali nilai sedang - rendah (15 - 5 Ω m) berada di bagian tengah dan timur seluas ± 10 Km² yang menyebar arah utara - selatan. Daerah tersebut diasumsikan merupakan daerah prospek yang merefleksikan cakupan daerah reservoir panas bumi (Gbr 9).

DISKUSI

Di kedalaman G. Puma akumulasi panas diindikasikan dengan adanya batuan ubahan/ alterasi bertipe argilik dan oleh munculan mataair panas.

Indikasi menunjukkan, bahwa fluida panas tersebut bersifat netral - asam. Artinya ada kehadiran lempung *clay - cap* di atas reservoir, di kedalaman manifestasi Pure, Limea dan Ncangga. Fluida panas diprakirakan mempunyai sistem 2 fase, yaitu bersistem uap dan bersistem air panas dengan pH yang netral - asam.

Hasil *mapping* geo-listrik menunjukkan ada yang bernilai 15 - 5 Ω m seluas ± 10 Km², terletak di daerah tengah dan timur. Nilai 15 - 5 Ω m tersebut diasumsikan merupakan batuan alterasi yang terbentuk akibat fluida reservoir bersifat netral - asam yang telah merubah batuan vulkanik G. Puma menjadi *clay - cap*, dan direkam oleh alat geolistrik (*resistivity*).

Hasil sounding menunjukkan ada nilai tahanan jenis 11 - 15 Ω m berada di kedalaman > - 715 meter. Sehingga di asumsikan reservoir berada di kedalaman > - 900 meter (?).

Hasil analisis geomagnet dan gayaberat mengindikasikan terdapat struktur sisa tubuh panas/ pocket magma (?), yang diprediksikan sebagai sumber panas yang memanasi air tanah di reservoir.

Akibat P & T yang tinggi, mengakibatkan fluida panas naik ke permukaan bumi melalui zona permeabilitas batuan (*feed - zone*) dan menghasilkan batuan alterasi/ ubahan.

Model geotermal diperlihatkan di Gbr 10.

- Sumber panas/ *heat - source* berupa bodi (*pocket*) magma di kedalaman G. Puma.
- Zone reservoir berupa akumulasi air tanah dalam dengan sistem airpanas berada pada *feed - zone* di kedalaman > - 900 hingga -1600 meter. Fluida yang terpanasi tersebut secara konveksi naik ke permukaan bumi melalui permeabilitas batuan dan muncul berupa mata air panas.
- Batuan penudung berupa *clay - cap* hasil alterasi batuan vulkanik G. Puma di kontak sentuh antara *host - rocks* dengan fluida panas.
- Batuan konduktif adalah batuan Tersier Bawah (*basement*) yang terkristalkan dan tersilisifikasi. Aliran panas terkonduksi dari sumber panas di bawah permukaan yang merambat naik melalui batuan dasar tersebut.

Daerah prospek sebagai refleksi dari zona reservoir panas berada di daerah Pure. Mengakibatkan kontur tahanan jenis bernilai 15 - 5 Ω m, seluas $\pm 10 \text{ Km}^2$, di kedalaman > - 900 meter dan membuka ke arah timur.

Prakiraan/ estimasi potensi cadangan terduga berdasarkan formula yang distandardkan adalah:

$$Q = 0,11585 \times A \times (T_{\text{Res}} - T_{\text{cut off}}) \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$Q = 0.11585 \times 10 \times (180-120) \text{ Mwe}$$

$$= 69 \text{ Mwe (60 - 70 Mwe)}.$$

KESIMPULAN

Akumulasi fluida panas dari reservoir di bawah G. Puma terindikasi oleh batuan alterasi dan air panas Lacoaha, Sori rewa, Lapui, Hu'u, Lekai dan Nangga yang bersuhu antara 32 - 46.1 $^\circ$ C, dan ber pH netral (6.5 - 7,3), sedangkan air panas Limea bersuhu 80 $^\circ$ C, dengan pH asam (2.1 - 2.7).

Indikasi fluida menunjukkan bahwa fluida panas bersifat netral - asam, dengan temperatur fluida ber *enthalphy* sedang.

ACUAN

- Adjat Sudradjat, S, Andi Mangga dan N. Ratman, 1998, *Peta Geologi Lembar Sumbawa, Nusatenggara, skala 1 : 250.000*, Pulitbang Gologi, Bandung
- Bemmelen, van R.W., 1949; *The Geology of Indonesia*. Vol. I A.732 p. Government Printing Office. The Hague. Netherlands.
- Breiner.S. 1973, *Application Manual for Portable Magnetometes*.
- Fournier, R.O., 1981. *Application of Water Geochemistry Geothermal Exploration and Reservoir Engineering*, "Geothermal System: Principles and Case Histories". John Willey & Sons. New York.
- Giggenbach, W.F., 1988. *Geothermal Solute Equilibria Deviation of Na-K-Mg - Ca Geo- Indicators*. *Geochemica Acta* 52. pp. 2749 - 2765.
- Kusumadinata, K., 1965, *Laporan Sementara Kunjungan ke Pulau Sangeang dalam tahun 1965* (Arsip Direktorat Geologi, tidak diterbitkan) 50 h.
- Mahon K., Ellis, A.J., 1977. *Chemistry and Geothermal System*. Academic Press Inc. Orlando.
- Ratman , N. dan A. Yasin, 1978, *Peta Geologi Lembar Komodo, Nusatenggara, skala 1 : 250.000*. Puslitbang Geologi, Bandung
- Telford and Sheriff, 1990, *Applied Geophysics*, Cambridge University.

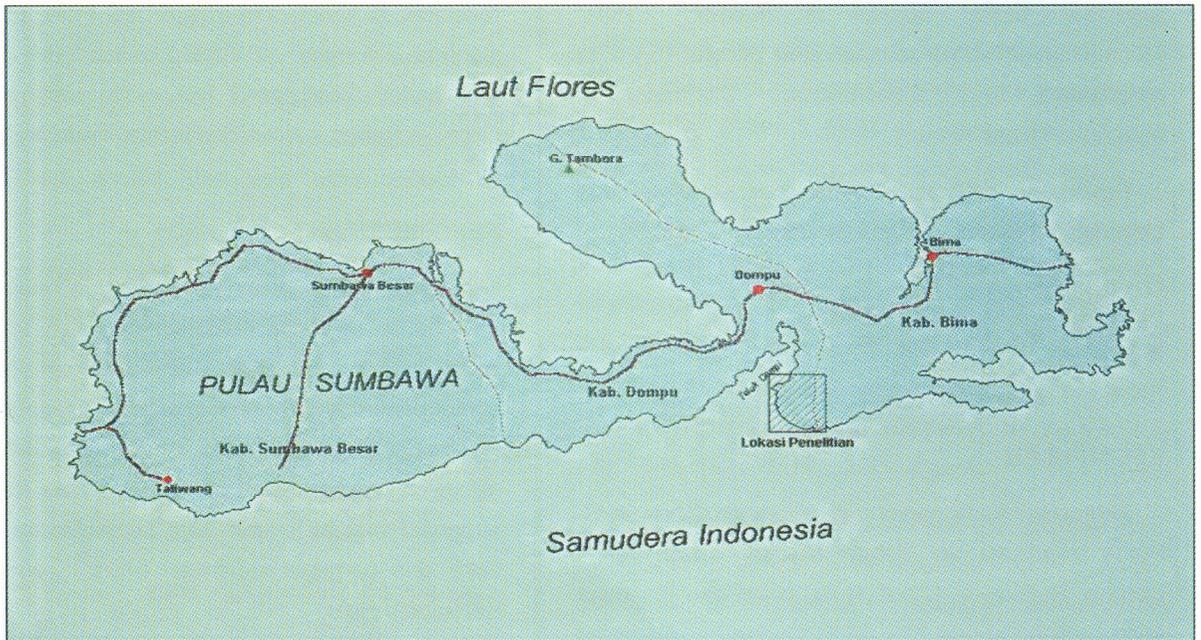
Diasumsikan ada sistim *clay - cap* di atas zona reservoir di kedalaman manifestasi Pure, Limea dan Cangga, dengan fluida panas di reservoir diperkirakan bersistim 2 fase, yaitu sistim uap dan sistim air panas, namun dominasinya adalah bersistim airpanas.

REKOMENDASI

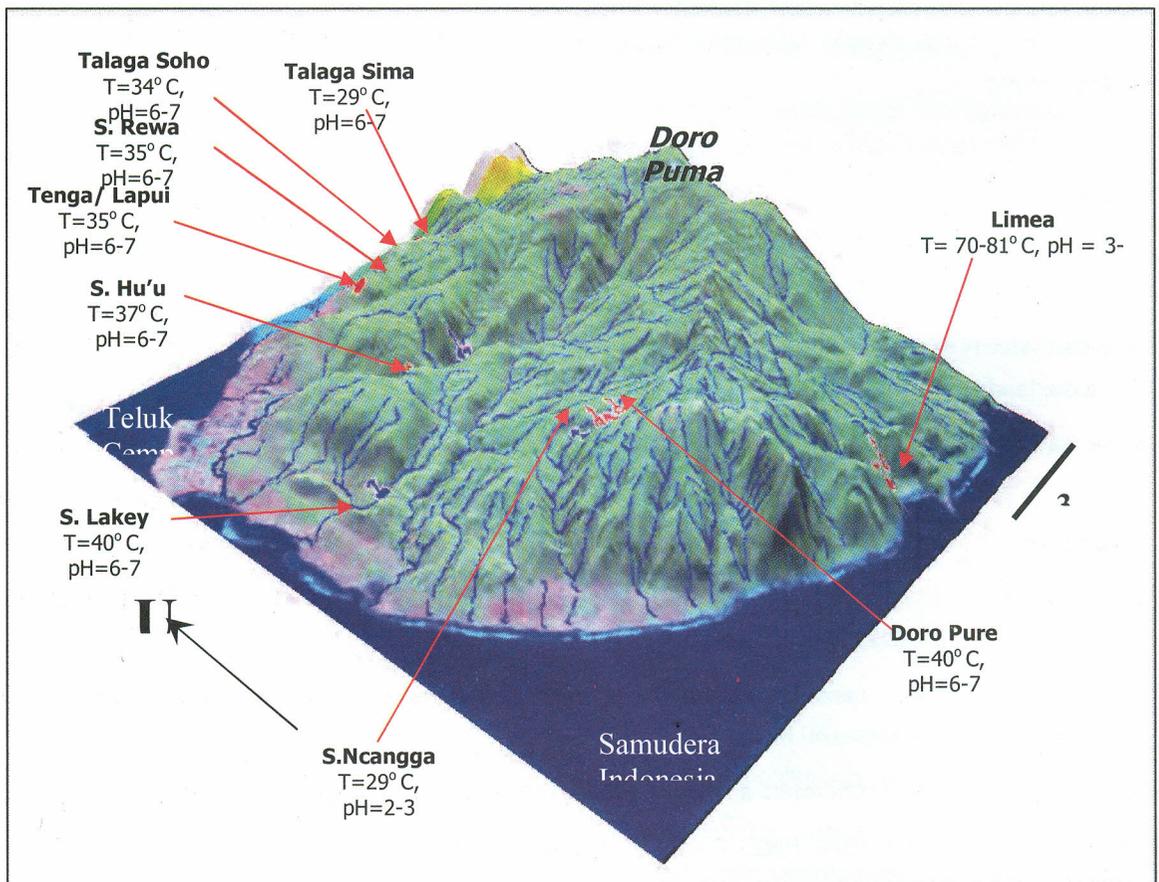
Mataair panas Cangga 2 bertipe sulfat, yang mencerminkan sistim fluidanya bersistim *up - flow*. Hasil tersebut perlu ditindak lanjuti dengan pembuatan sumur pemboran LS (*thermal gradient*) sedalam 250 m (?) atau pengeboran eksplorasi sedalam 1000 - 1500 m untuk mengeksploitasi fluida panas (uap dan airpanas) melalui sumur bagi pemanfaatan tenaga listrik dan berbagai keperluan (*multi - purpose*) di Kabuapten Hu'u.

UCAPAN TERIMAKASIH

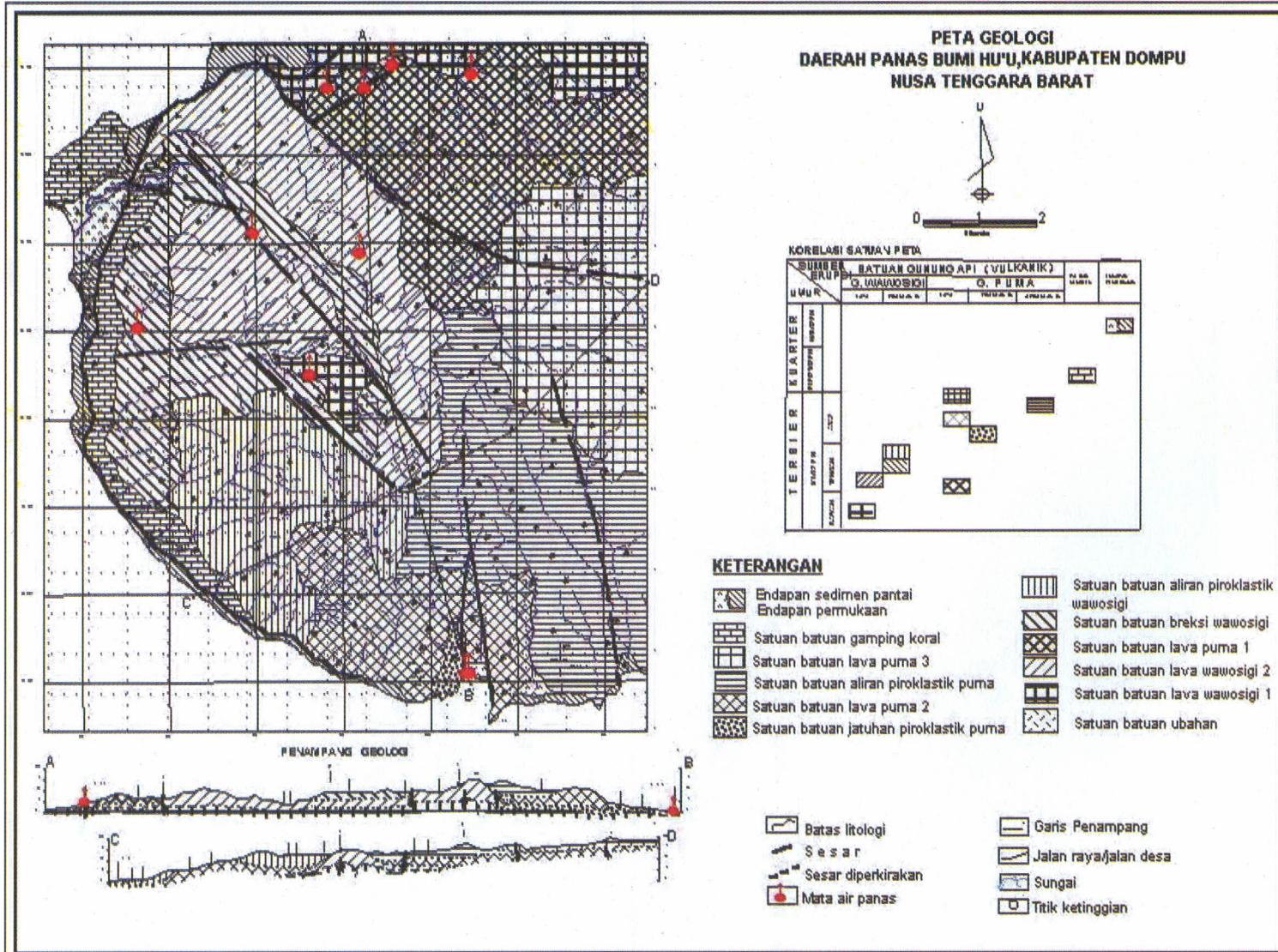
Terimakasih kepada Institusi Pusat Sumber Daya Geologi (PMG) yang mengijinkan digunakannya data kantor sehingga berbentuk makalah ini



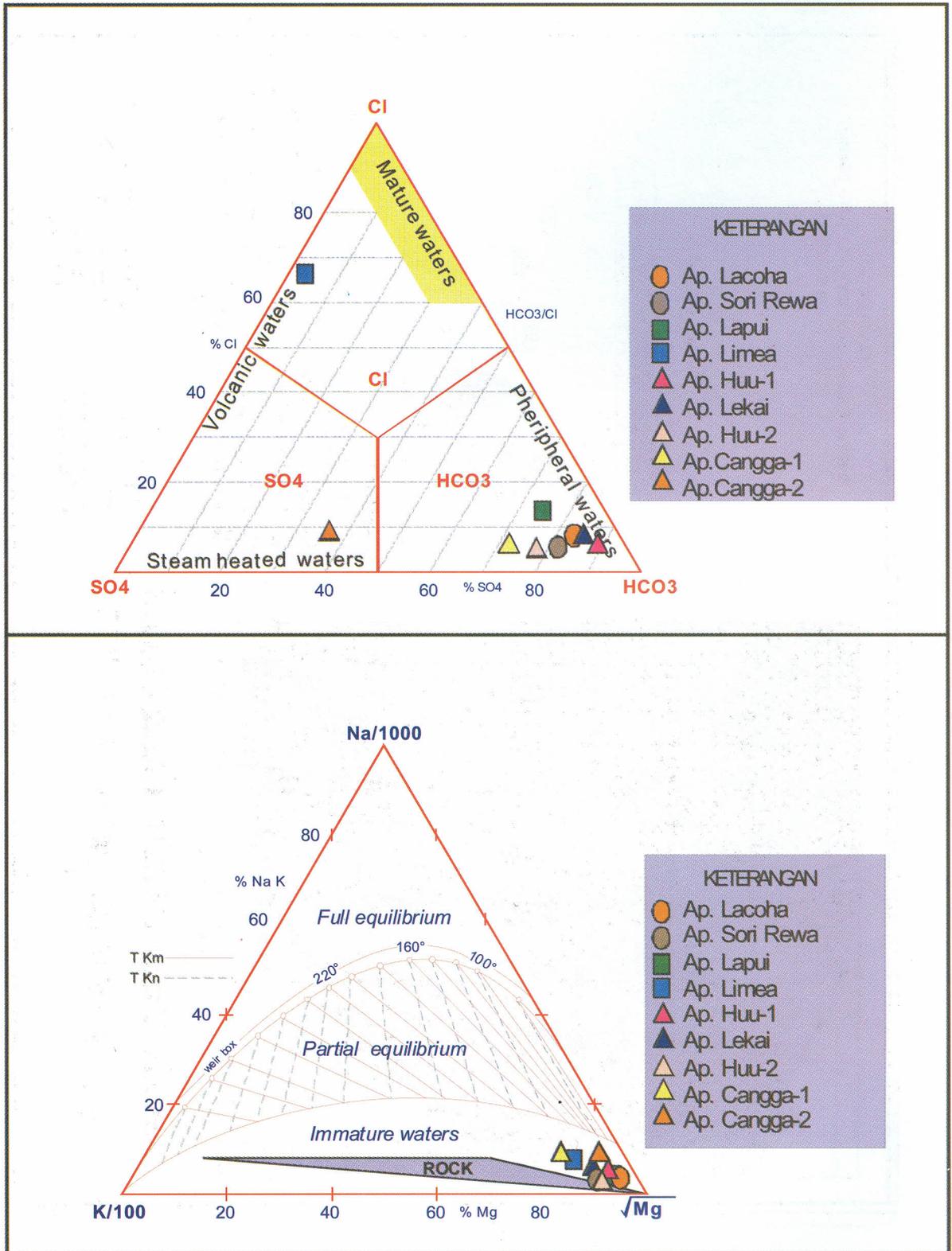
Gambar 1. Lokasi bahasan



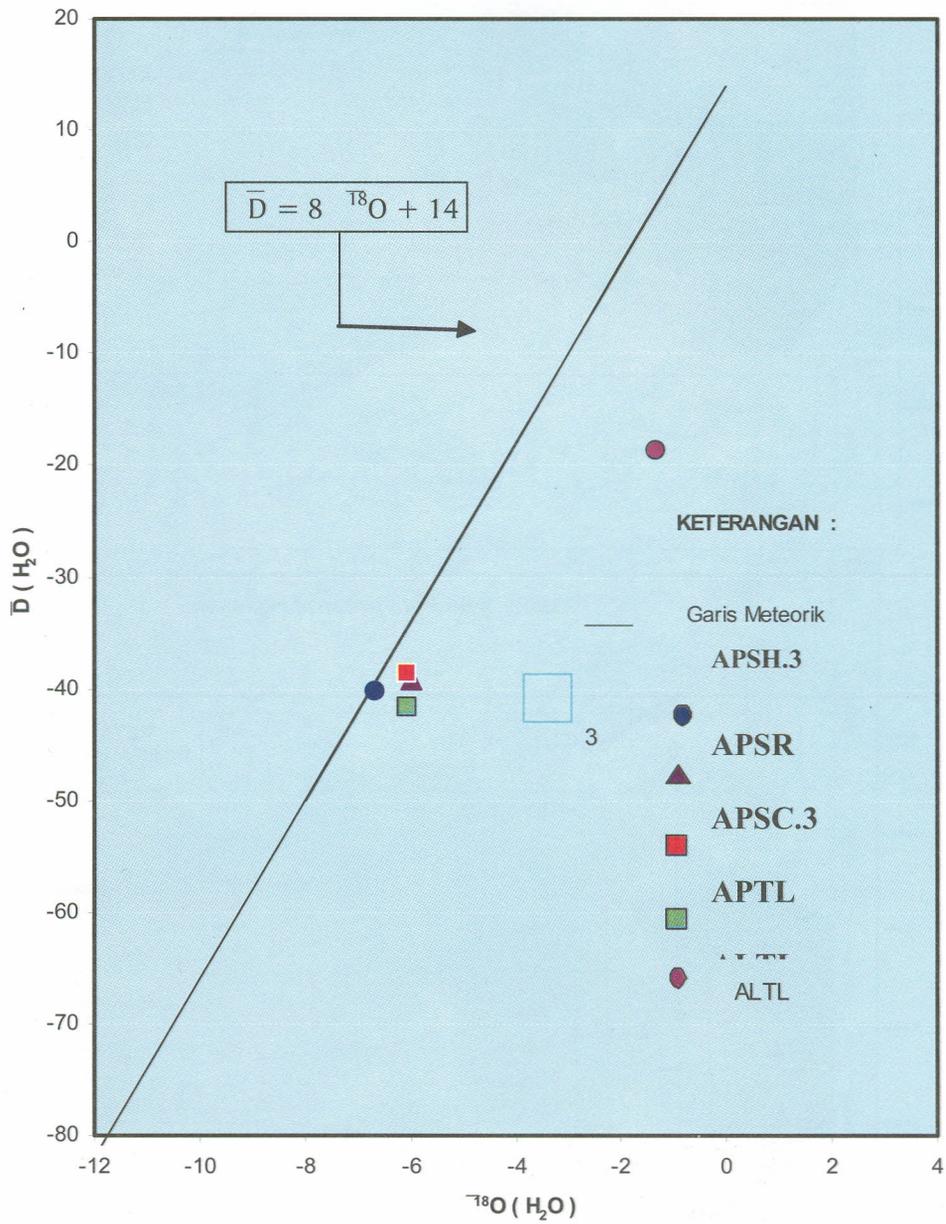
Gambar 2. Distribusi manifestasi panas



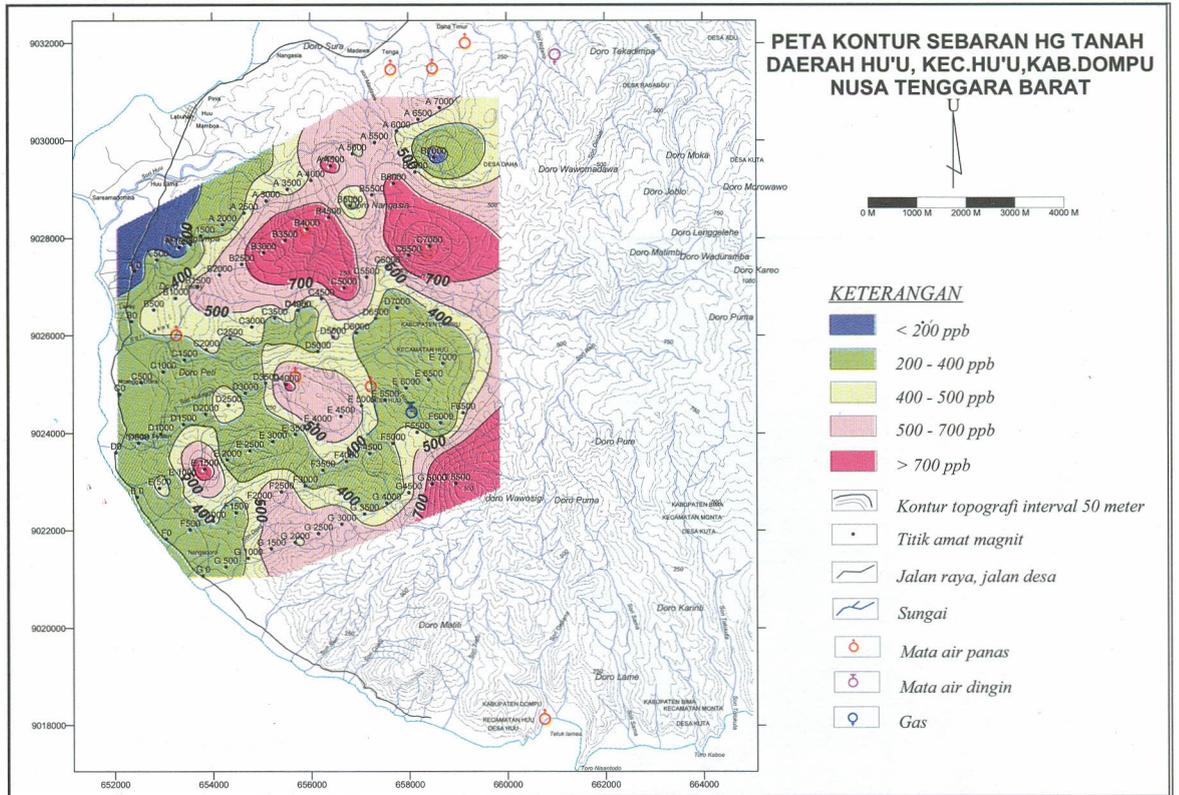
Gambar 3. Peta geologi daerah G. Puma, Kabupaten Dompu, P. Sumbawa



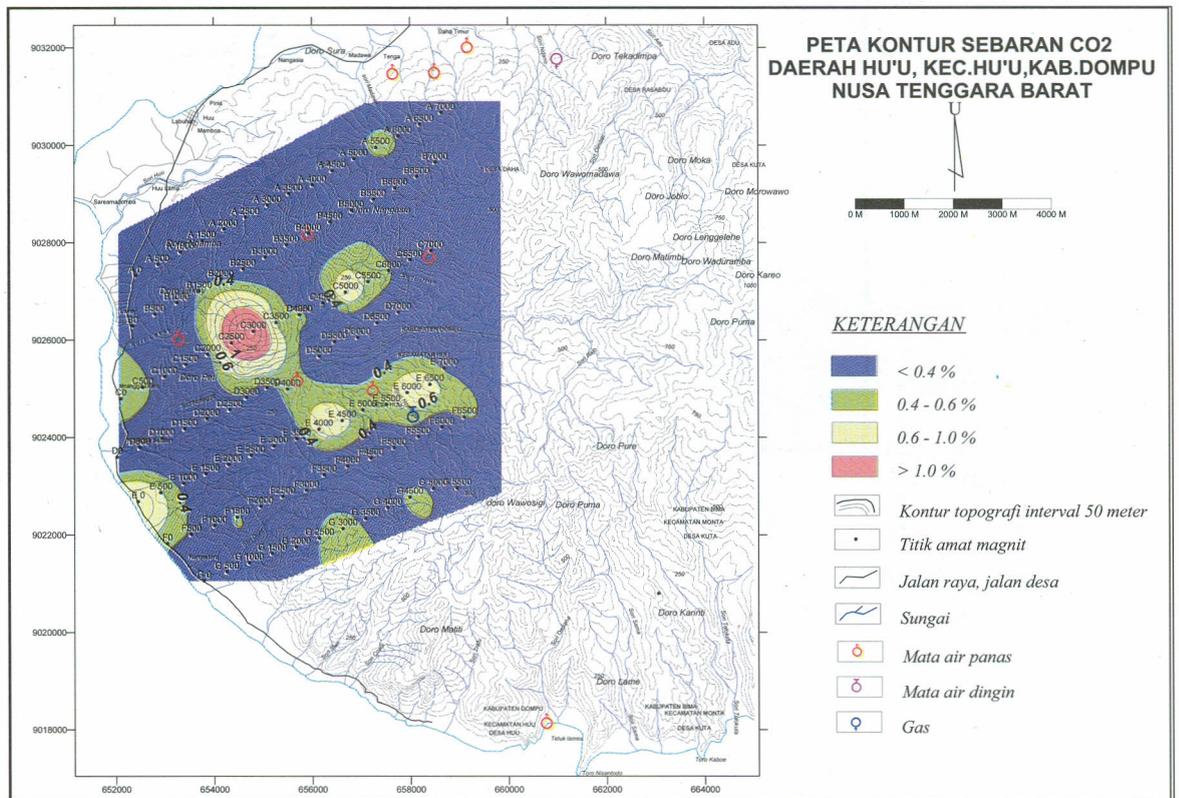
Gambar 4. Tipe airpanas dan kandungan relatif Na, K, Mg



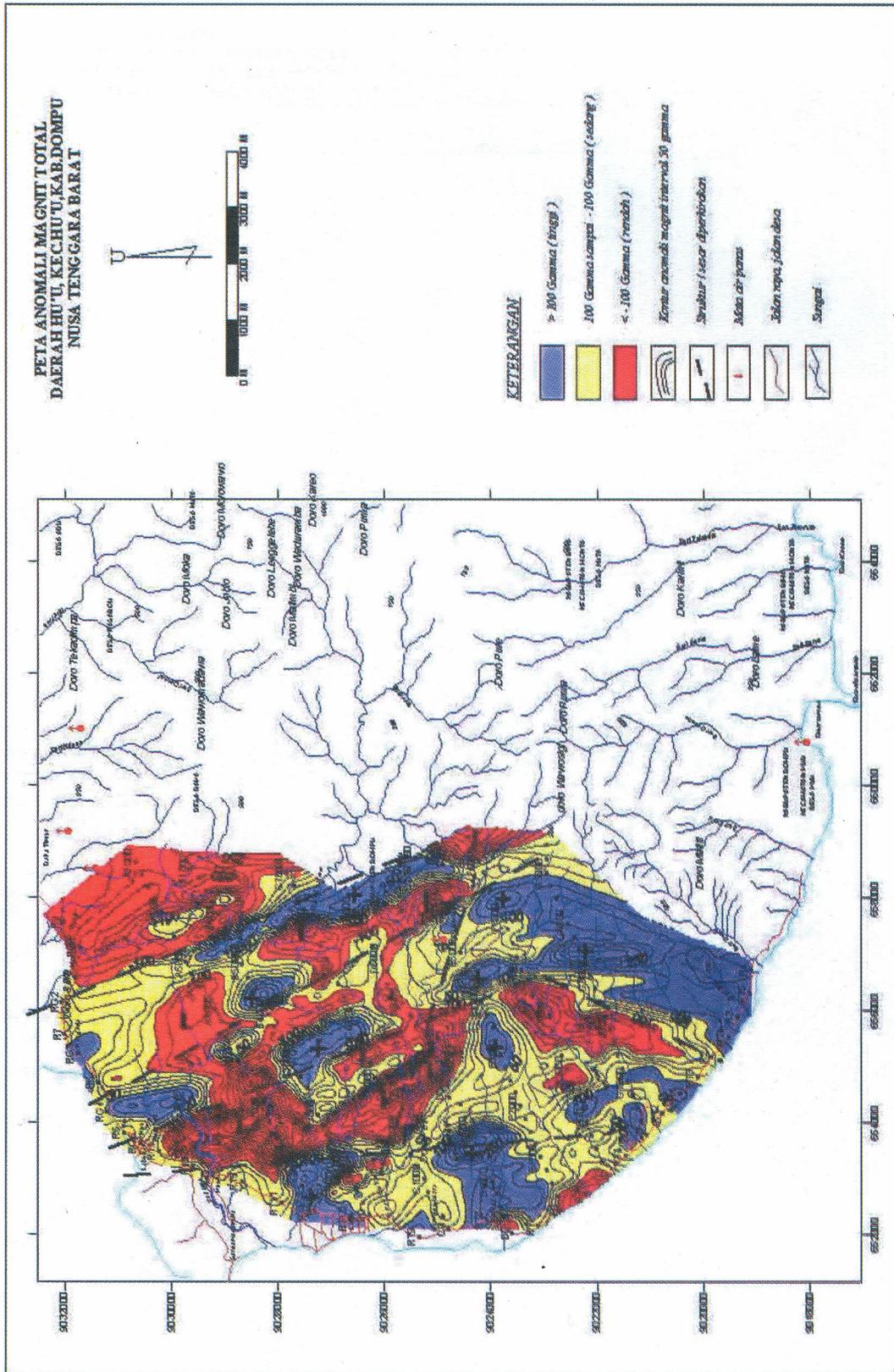
Gambar 5. Diagram isotop O-18 Vs Deuterium



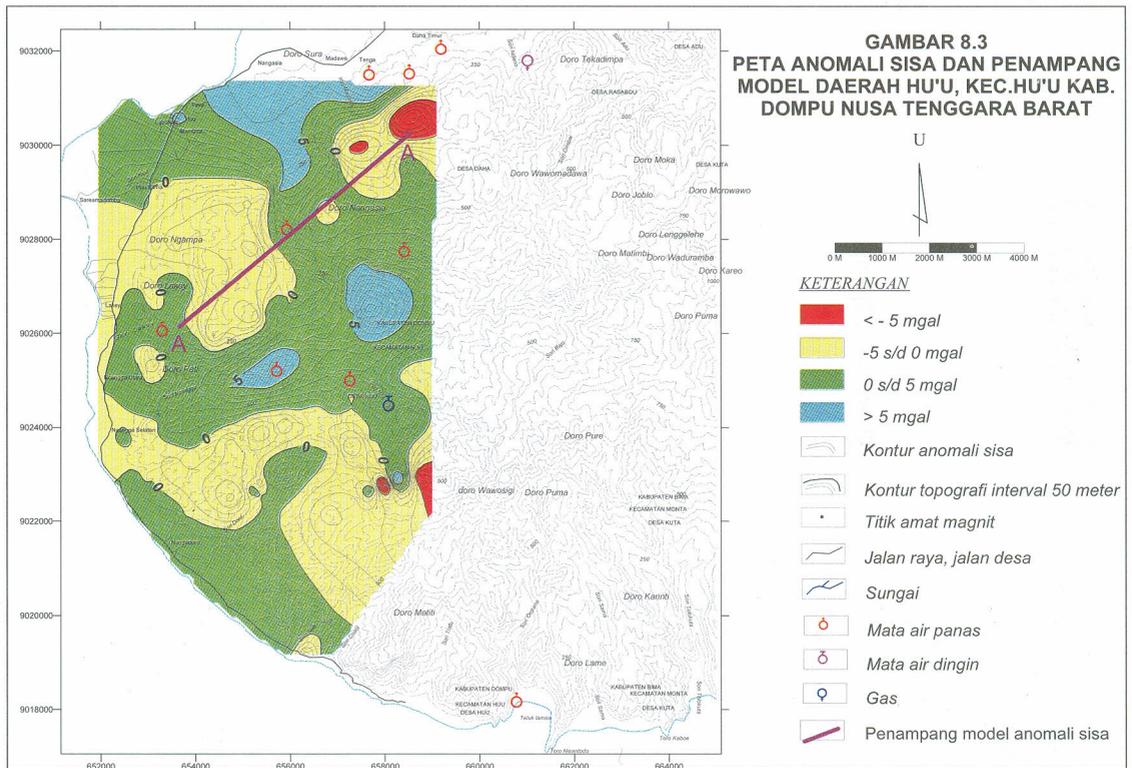
Gambar 6 A. Peta sebaran Hg tanah



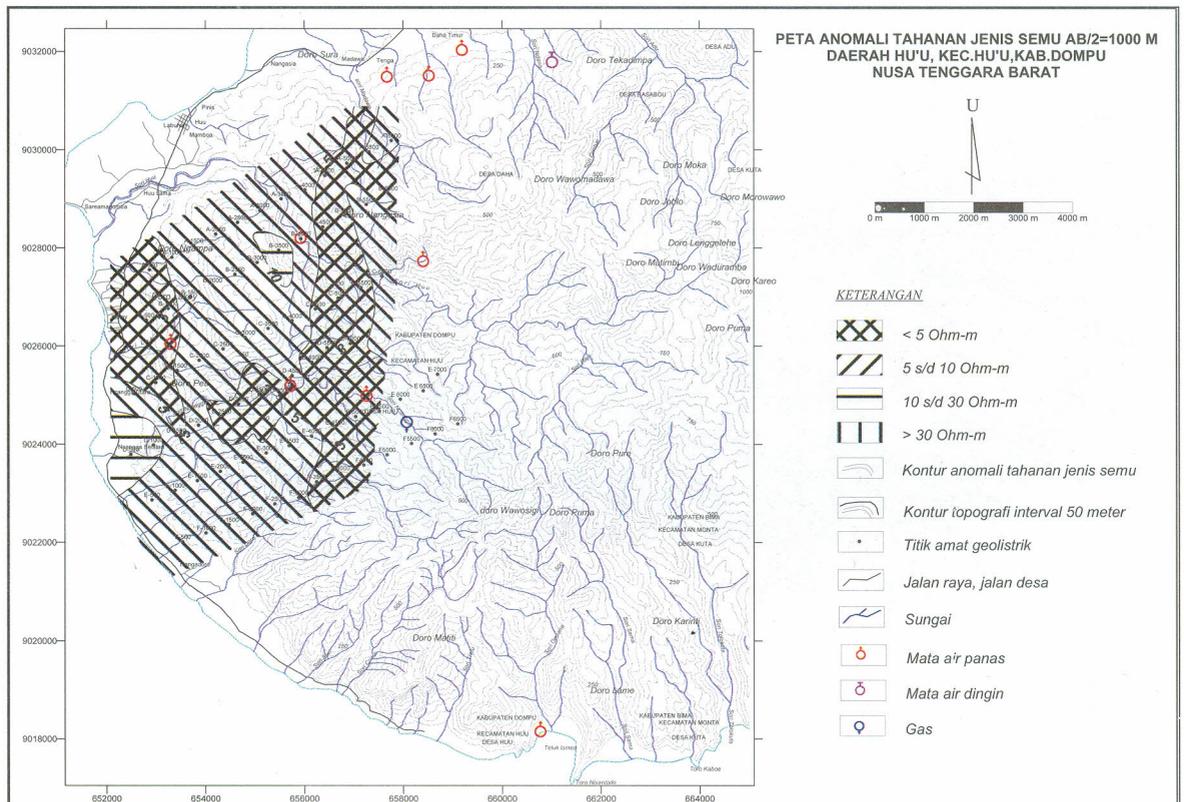
Gambar 6 B Peta sebaran CO₂ udara tanah



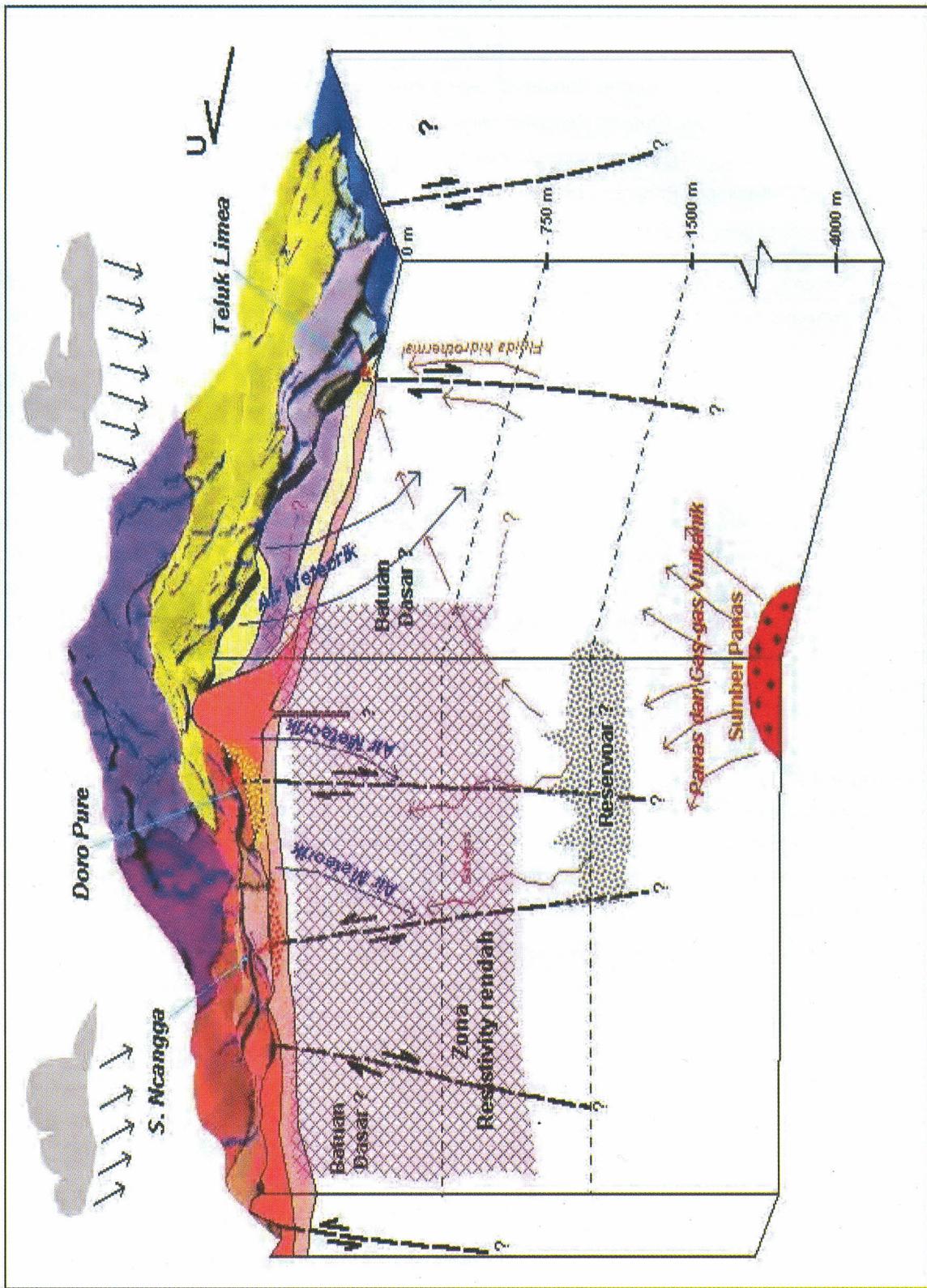
Gambar 7. Peta anomali magnet total



Gambar 8. Peta anomali sisa gaya berat



Gambar 9 . Peta anomali tahanan jenis semu $AB/2 = 1.000\text{ m}$



Gambar 10. Model panas bumi

PERENCANAAN EKSPLORASI CEBAKAN NIKEL LATERIT DI DAERAH WAYAMLI, TELUK BULI, HALMAHERA TIMUR SEBAGAI MODEL PERENCANAAN EKSPLORASI CEBAKAN NIKEL LATERIT DI INDONESIA

Oleh :

Deddy T. Sutisna^{*)}, Dwi Nugroho Sunuhadi^{*)}, Agus Pujobroto^{**}) dan Danny Z. Herman^{***})

^{*)} Kelompok Program Penelitian Mineral, Pusat Sumber Daya Geologi

^{**}) Bidang Informasi, Pusat Sumber Daya Geologi

^{***}) Kelompok Program Penelitian Konservasi, Pusat Sumber Daya Geologi

SARI

Daerah Wayamli, Teluk Buli, Halmahera Timur disusun oleh kompleks batuan ultra basa, gabro, basal dan diabas dengan penyebaran meliputi daerah selatan dan utara. Batuan ultra basa terutama berupa serpentinit dan dunit yang berperan penting sebagai pembawa nikel. Daerah ini merupakan target perencanaan eksplorasi yang dilalui oleh sesar naik yang memungkinkan membentuk rekahan – rekahan pada batuan batuan ultra basa sebagai saluran tempat naiknya magma yang mengandung unsur nikel, sehingga struktur ini menjadi salah satu faktor penting dalam pembentukan cebakan bijih nikel.

Konsep pemilihan target eksplorasi di daerah ini mengacu kepada faktor-faktor penting yang terdiri atas : batuan ultra basa sebagai sumber Ni, indikasi proses serpentinisasi pada batuan ultra basa, proses pelapukan pada kondisi iklim tropis, peran struktur rekahan pada batuan induk ultra basa dan morfologi yang berhubungan dengan kemiringan lereng. Dengan demikian ditentukan 3 (tiga) daerah perencanaan eksplorasi, yaitu : (1) Sektor A merupakan daerah dengan tingkat prospektif yang sangat tinggi untuk mendapatkan sumber daya cebakan bijih nikel berkadar tinggi; (2) Sektor B merupakan daerah yang mempunyai tingkat prospektif relatif diatas rata-rata; (3) Sektor C merupakan daerah yang mempunyai tingkat prospektif relatif kecil.

ABSTRACT

The Wayamli area, Teluk Buli, Eastern Halmahera is composed of an ultramafic complex, gabbro, basalt and diabas which occupy entirely southern and northern parts. The ultramafic rocks consists of mainly serpentinite and dunit which play an important role as nickel carrier. The area was planned as an exploration target and experienced by thrust fault which enable to form fractures within the ultramafic. These fractures formed as channelways of nickel bearing magmatic solution and became an important factor in creating of nickel ore deposits.

A concept of selected exploration target within the area refers to some important factors such as : the ultramafic rocks as sources of nickel, indication of serpentinization within the ultramafic, weathering process in the tropical climate, appearance of fractures within the host rocks and morphology related to slope condition. Though, three categories of exploration target areas were designed as : (1) Sector A is the very high prospective area for gaining a high content of nickel ore deposit, (2) Sector B is the relative prospective area of ore deposit containing nickel above an average value, and (3) Sector C is the area with a relative minor prospect of nickel ore deposit.

Latar Belakang

Kadar nikel tertinggi hingga mencapai 3000 ppm terdapat dalam batuan ultrabasa dunit dan peridotit seperti yang ditemukan di Caledonia. Dalam batuan ultrabasa yang telah mengalami proses

serpentinisasi kandungan Ni berkisar antara 1200–2000 ppm. Kandungan ini menjadi lebih tinggi apabila serpentinisasi berlangsung di daerah tropis, yang melibatkan proses pelapukan. Kondisi morfologi terutama berupa kemiringan lereng juga menjadi faktor

penentu yang mempengaruhi pengayaan kandungan nikel.

Kandungan nikel pada berbagai jenis batuan lainnya bervariasi, pada batuan metamorfik dan sedimen (batupasir) mengandung 90 ppm Ni, 90 – 100 ppm Ni dalam lempung dan berkisar 10 -20 ppm batuan karbonatan, sedangkan pada batuan asam sangat tidak umum (< 5 ppm). Kandungan Ni dalam soil bagian horizon B2 (*podzolic*) berkisar dari nilai jejak (*trace*) hingga mencapai 5000 ppm.

Terdapat dua jenis cebakan nikel yaitu primer dan laterit, dimana pembahasan dalam karya tulis ini akan difokuskan kepada model perencanaan eksplorasi terhadap cebakan nikel laterit di daerah Wayamli Teluk Buli Halmahera Timur dan segala aspek terkait sehingga diharapkan mendapatkan hasil optimal.

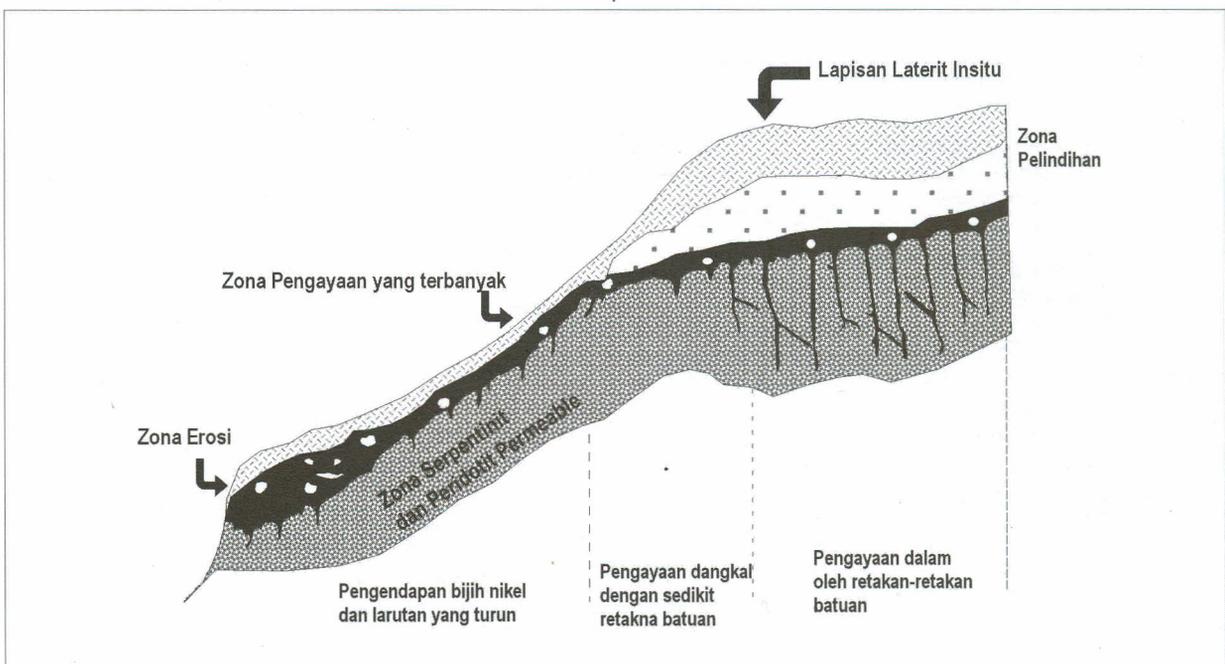
Kategori cebakan nikel laterit dapat terdiri atas 2 (dua) jenis, yaitu nikel mengandung Fe dan rijang (*nickel ferrous ferugeneous*) dan silikat nikel (*nickel silicate*). Jenis cebakan pertama mempunyai kandungan besi 40% Fe dan kandungan Ni sekitar 1 (satu) % seperti yang terdapat di negara-negara Kuba dan Filipina. Jenis nikel yang kedua umumnya mempunyai kandungan besi rendah (< 35% Fe; Hotz,

1964) dengan kandungan 15% Ni, yang terdapat pada *nickel garnierite* dan terbentuk pada bagian bawah zona pelapukan atau pada zona saprolit. Contoh cebakan bijih nikel seperti ini terdapat di New Caledonia dan dalam batuan garnierit mempunyai kandungan mencapai 10% Ni (Chetetat, 1947).

Kedua jenis endapan bijih nikel laterit ini membentuk lapisan selubung dengan ketebalan 1 sampai 300 kaki dan rata – rata 50 kaki. Lapisan bagian atas mempunyai kandungan < 1% Ni, sedangkan bagian yang paling kaya terdapat pada bagian dasar dari zona pelapukan. Logam nikel yang terkonsentrasi dalam laterit berasal dari penghancuran mineral olivin dan piroksen selama berlangsungnya proses pelapukan.

Konsentrasi nikel ini juga dapat berasal dari hasil pelapukan batuan ultra basa peridotit dengan proses yang melibatkan cuaca atau iklim untuk menguraikan olivin dan ortopiroksen dari batuan induknya. Pada proses ini terjadi pemisahan magnesium dan silikat, sehingga menyisakan nikel dan besi dalam tanah pelapukan. Selama pelapukan berlangsung hampir tidak ada kehilangan unsur Ni.

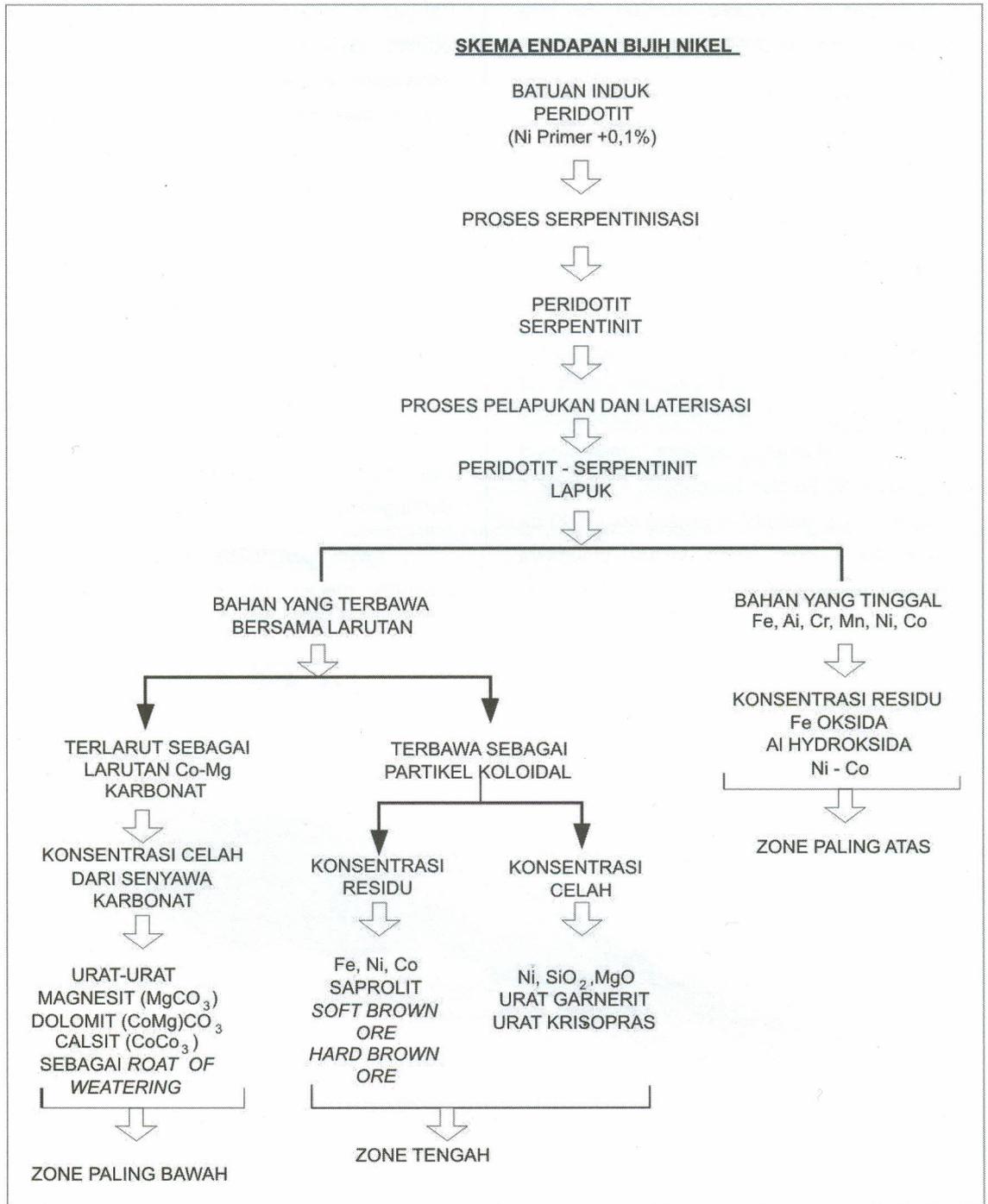
Kandungan 0,25% Ni dalam batuan peridotit dibentuk melalui proses serpentinisasi dan akan



Gambar 1. Penampang Tegak Endapan Nikel Lateritik (Chetetat, 1947)

menghasilkan kandungan sebesar 3,5% Ni dengan rasio 1 : 6 sampai 1 : 16, yang berarti bahwa Ni mengalami peningkatan hingga 16 kali dibandingkan kandungan awalnya. Pengayaan ini juga dipengaruhi oleh faktor topografi, yang berperan dalam pengendalian keseimbangan proses mekanik dan kimia. Pada topografi dengan kemiringan lereng terjal

dominan berlangsung proses mekanik, sehingga tidak terjadi proses kimiawi yang menghasilkan pertukaran unsur; sedangkan pada lereng yang landai terjadi dominasi proses kimiawi. Dengan demikian dapat diperkirakan bahwa bentang alam (morfologi) yang paling ideal untuk terjadinya kedua proses tersebut adalah daerah bergelombang (*undulating*) dengan



Gambar 2. Skema Pembentukan Profil Nikel Laterit (Djadjulist, 1992)

kemiringan antara 15° hingga 30°.

LANDASAN TEORI

Struktur dan pembentukan profil laterit nikel dapat dikaitkan dengan daya larut mineral dan kondisi aliran air tanah. Adapun susunan profil lengkap dari atas ke bawah adalah sebagai berikut, yaitu : zona limonit, zona pelindihan (*leaching zone*) dan zona saprolit yang terletak di atas batuan asalnya (Gambar 1).

Tanda panah pada Gambar 1 diatas menunjukkan arah aliran air tanah sebagai larutan pembawa Ni yang bersamaan dengan berlangsungnya proses pelindihan. Pada dasarnya proses ini terdiri atas : Proses pelindihan utama yang berlangsung secara horizontal, secara vertikal yang meliputi pelindihan celah pada zona saprolit dan proses pelindihan yang terjadi di waktu musim penghujan pada zona limonit.

Zona pelindihan yang terletak diantara zona limonit dan zona saprolit hanya terjadi apabila aliran air tanah berjalan lambat hingga kondisi jenuh sehingga membentuk endapan smektit. Pengendapan ini dapat terbentuk di suatu daerah bervariasi karena tergantung kepada fluktuasi air tanah yang diakibatkan oleh perbedaan musim kemarau dan musim penghujan. Faktor-faktor lain yang juga mempengaruhi termasuk adanya rekahan-rekahan dalam zona saprolit serta permeabilitas pada zona limonit.

Derajat septinisasi bertingkat rendah pada batuan peridotit akan mempengaruhi pembentukan zona saprolit, dimana akan memberikan zona saprolit dengan inti batuan sisa yang keras, nontronitik dan pengisian celah oleh mineral-mineral garnierit, kalsedon-nikel dan kuarsa. Berbeda dengan peridotit, maka pada serpentinit akan menghasilkan zona saprolit yang relatif homogen dengan sedikit kuarsa atau garnierite.

Bantuan asal peridotit mengandung olivin [(Mg, Fe, Ni)₂SiO₄] dengan kandungan sekitar 0,3% Ni. Air permukaan mengandung CO₂ yang berasal dari atmosfer dan terkayakan kembali oleh material-material organik meresap ke bawah mencapai zona pelindihan dimana fluktuasi air tanah berlangsung (Gambar 2).

Fluktuasi ini mengakibatkan air tanah yang kaya CO₂ akan kontak dengan saprolit yang masih mengandung batuan asal, kemudian melarutkan mineral-mineral yang tidak stabil (seperti serpentin dan piroksen). Mg, Si, dan Ni akan larut dan terbawa aliran air tanah dan pada proses pengendapan kembali akan menghasilkan mineral-mineral baru

Tabel 1. Kandungan Unsur-Unsur di Batuan Asal di daerah tambang nikel PT. Antam

Unsur/Mineral	Kadar Relatif (%) Berat)	Kadar Absolut dari 1 kg Batuan Asal (gram)
SiO ₂	40	400
MgO	42	420
Fe ₂ SO ₃	7,5	75
Al ₂ O ₃	1	10
Ni	0,2	2
H ₂ O	8	80
Unsur lainnya	0,8	8
Spinel – Chrom	0,5	5
Jumlah	100 %	1.000

Pada rekahan-rekahan batuan asal sebagian Mg mengendap sebagai magnesit yang dikenal sebagai akar-akar pelapukan. Sedangkan di zona saprolit dijumpai pengisian rekahan-rekahan oleh garnierit, kuarsa dan krisopras sebagai hasil pengendapan hydrosilikat Mg, Si dan Ni. Unsur-unsur dan senyawa yang tertinggal seperti Fe, Al, Mn, CO, dan Ni pada zona limonit terikat sebagai mineral-mineral oksida/hidroksida seperti limonit, hematit, goethit, manganit dan lain-lain.

Selain itu terdapat juga mineral relik (*relic mineral*), mineral ikutan chromspinel (*accessory chromspinel*) yang terbentuk akibat migrasi unsur-unsur Mg dan Si serta karena sifatnya yang tahan terhadap pelapukan. Jika chromspinel yang tidak

mengalami perubahan selama proses pelapukan diambil sebagai standar internal (*internal standard*) untuk pembandingan sifat-sifat semua unsur pada suatu laterit nikel, maka dapat dibuat suatu model keseimbangan unsur (Tabel 1; Friedrich dkk., 1984).

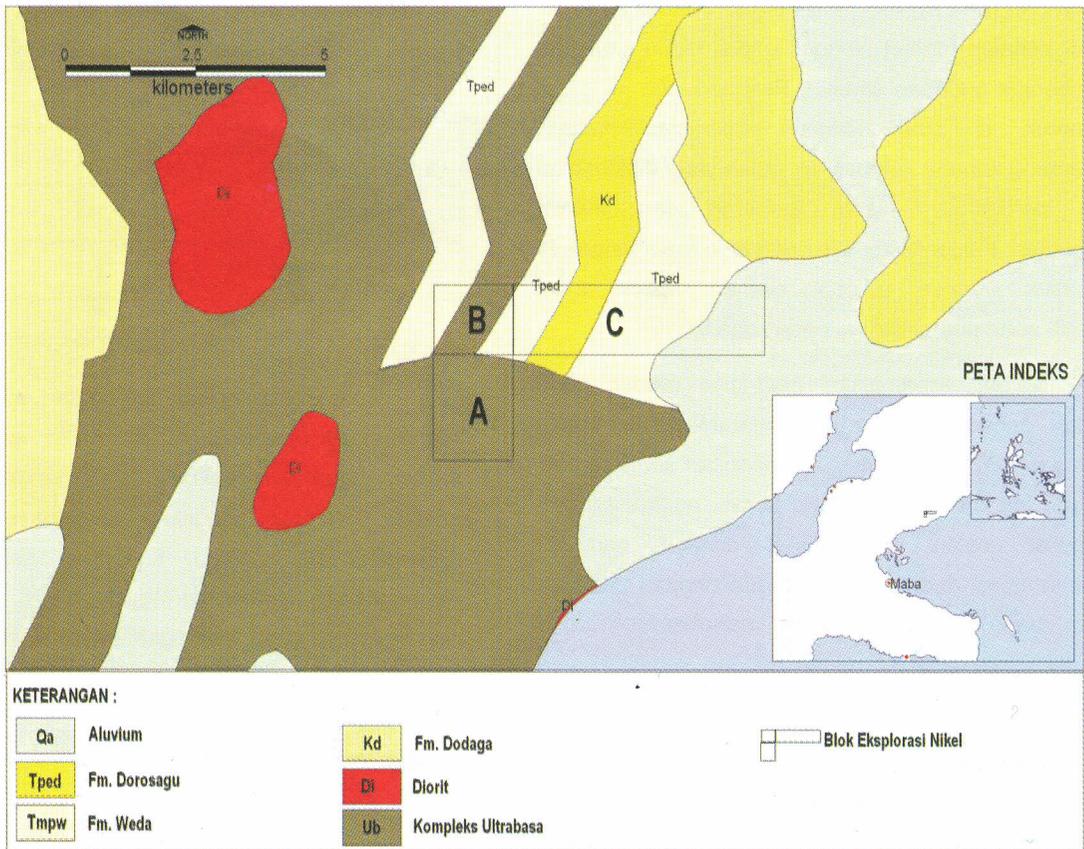
Perubahan komposisi kimia pada zona saprolit praktis kecil, H₂O dan Ni bertambah, sementara sejumlah kecil Mg dan Si dalam ikut bersama aliran air. Penggantian Mg oleh Ni pada serpentin mengakibatkan peningkatan kadar Ni hingga melebihi 3%.

Perpindahan unsur-unsur penting terjadi di zona pelindihan, ditunjukkan oleh terlindinya >95% Mg, >90% Si, ± setengah bagian Al dan sejumlah kecil Fe sampai pada proses pengendapan kembali di tempat lain.

Akibat pengurangan unsur-unsur Mg dan Si tersebut, maka zona saprolit yang masih banyak mengandung bongkah-bongkah batuan asal akan

menyusut dari 1 kg menjadi 100 gram; yang berakibat terjadinya kenaikan kadar relatif unsur-unsur residu hingga 10 x dalam zona laterit bawah. Fe₂O₃ diperkaya sampai > 72% (72 gram dari 100 gram) dan ikutan chrom-spinel relatif mengalami kenaikan sampai sekitar 5% (5 gram dari 100 gram).

Secara horizontal penyebaran nikel tergantung dari arah aliran air tanah dan sangat dipengaruhi oleh bentuk morfologinya, dimana air tanah bergerak dari pegunungan-pegunungan ke arah lereng dan air tanah pembawa Ni, Mg, dan Si mengalir di zona pelindihan. Ni akan terjebak pada tempat-tempat terdapatnya banyak rekahan dan lereng dengan kemiringan lereng relatif landai - sedang merupakan topografi yang ideal untuk terjadinya keseimbangan antara proses mekanik dan proses kimia sehingga memberikan kontribusi terhadap pengayaan nikel. Terdapat 5 kategori kemiringan lereng yang mempengaruhi proses pengayaan Ni: dalam laterit, yaitu :



Gambar 3. Peta Geologi Daerah Wayamli, Halmahera Tengah untuk Perencanaan Eksplorasi (Sumber : Peta Geologi Lembar Ternate dan Peta Geologi Lembar Morotai, Pusat Survey Geologi)

- Kemiringan lereng $< 10^\circ$, proses kimia $<$ mekanik, kadar Ni kecil, Fe tinggi
- Kemiringan lereng $10 - 20^\circ$, keseimbangan ideal, kadar Ni tinggi
- Kemiringan lereng $20-25^\circ$, proses mekanik relatif $>$ kimia, kadar Ni sedang
- Kemiringan lereng $25-30^\circ$, proses mekanik $>$ kimia, kadar Ni dan Fe kecil
- Kemiringan lereng $> 30^\circ$, proses mekanik $>$ kimia, kadar Ni dan Fe sangat kecil.

GEOLOGI DAERAH WAYAMLI

Pemetaan geologi regional telah dilakukan di daerah ini oleh Sam Supriatna pada tahun 1980 dalam Lembar Morotai dengan skala 1 : 250.000. Lembar ini meliputi daerah lengan utara, lengan timur utara dan Pulau Morotai, sedangkan daerah yang akan direncanakan untuk eksplorasi berada di bagian selatan timur lembar dan sebagian termasuk pada lembar lain dibawahnya. Secara fisiografis daerah eksplorasi dibentuk oleh dua mandala geologi, yaitu bagian timur dan bagian barat yang memiliki perbedaan susunan batuan pembentuknya berdasarkan perkembangan tektonik. Singkapan batuan ultra basa dan sedimen berumur Kapur (Fm. Dodaga) dan Paleosen Eosen (Fm. Dorosagu) tersebar cukup luas di Mandala Halmahera Timur.

Mandala Halmahera Timur mengalami pengangkatan dan erosi pada zaman Kuartar, sedangkan Mandala Halmahera Barat hampir seluruhnya ditutupi oleh rempah-rempah gunung api Kuartar; sehingga secara geologi tidak prospektif untuk pembentukan mineralisasi logam dan juga bijih nikel. Secara regional daerah ini disusun oleh batuan sedimen, endapan permukaan, batuan gunungapi dan batuan beku. Batuan sedimen terdiri dari formasi-formasi Dodaga, Dorosagu, Tutuli, Weda, Tingteng, Togawa dan batugamping terumbu. Endapan permukaan terdiri dari aluvium sedangkan batuan gunungapi terdiri dari formasi-formasi Bacan dan Kayasa, Tufa dan Batuan gunungapi Holosen. Batuan beku berupa kompleks batuan ultra basa, gabro, diorit dan andesit pada umumnya menempati mandala

geologi timur, kecuali andesit yang terdapat di bagian selatan mendala geologi barat.

Secara tektonik kedua mandala ini berbeda dimana lengan Halmahera Timur sudah berulang-ulang mengalami gangguan struktur sejak zaman Kapur Awal hingga Holosen. Kecuali pada Holosen, kegiatan tektonik itu ditandai oleh hadirnya sesar naik dan lipatan berarah Utara Timur – Selatan Barat serta sesar normal berarah Barat Utara – Barat Timur.

Batuan penyusun daerah perencanaan eksplorasi merupakan kompleks ultra basa, gabro, basal dan diabas dengan penyebaran meliputi daerah selatan dan utara. Menurut S. Supriatna (1980), batuan ultra basa terdiri dari batuan serpentinit dan dunit yang berperan penting sebagai pembawa nikel. Berdasarkan analisis mikroskop serpentin membentuk urat halus dan merupakan hasil ubahan dari mineral olivin.

Formasi Dodaga merupakan satuan batuan termuda yang tersebar di bagian barat laut, utara, tengah dan timurlaut; terdiri dari perselingan batulanau, serpih, batupasir, napal dan batugamping. Pada batuan gamping kadang-kadang ditemukan rombakan batuan ultra basa. Formasi Dorosagu di bagian utara terdiri dari perselingan batupasir, batulanau, batulempung, serpih, konglomerat dan batugamping sangat kompak. Kedua formasi Dodaga dan Dorosadu tidak terlalu penting dalam pembentukan endapan bijih nikel.

Daerah perencanaan eksplorasi dilalui oleh sesar naik yang memungkinkan membentuk rekahan – rekahan pada terutama batuan batuan ultra basa yang akan berperan menjadi saluran tempat naiknya magma yang mengandung unsur nikel, sehingga struktur ini menjadi salah satu faktor penting dalam pembentukan cebakan bijih nikel.

DISKUSI

Konsep pemilihan target eksplorasi di daerah ini mengacu kepada informasi diatas dengan mempertimbangkan faktor-faktor penting seperti berikut :

1. Terdapatnya batuan ultra basa sebagai sumber Ni

2. Indikasi proses serpentinisasi pada batuan ultra basa
3. Proses pelapukan pada kondisi iklim tropis
4. Struktur rekahan pada batuan induk ultra basa
5. Morfologi yang berhubungan dengan kemiringan lereng

Atas dasar susunan batuan, daerah eksplorasi seluas ± 1000 ha dibagi menjadi tiga sektor dengan tujuan untuk menentukan skala prioritas tingkat prospektif mengandung Ni yang kemungkinan terdapat dalam cebakan bijih nikel, yaitu :

1. Sektor A, terletak di bagian selatan.
2. Sektor B, terletak di bagian utara dan
3. Sektor C, terletak di bagian timur–utara (timurlaut ?).

Sektor A meliputi luas ± 1,65 km x 2,328 km (3,8412 km²/384,12 ha) merupakan daerah dengan tingkat prospektif yang sangat tinggi untuk mendapatkan sumber daya cebakan bijih nikel berkadar tinggi, berdasarkan kriteria–kriteria berikut ini:

1. Hampir seluruh daerah ditutupi oleh batuan inok ultrabasa yang merupakan jenis batuan yang sangat kondusif untuk terjadinya cebakan bijih nikel
2. Dilalui oleh struktur sesar, yang memungkinkan membentuk banyak rekahan pada batuan induk, yang berperan besar sebagai tempat pengendapan nikel.
3. Topografi daerah relatif lebih rendah dibandingkan dengan sektor lainnya, kemungkinan merupakan zona morfologi bergelombang dengan kemiringan bukit tidak lebih dari 30° yang memungkinkan adanya keseimbangan antara proses kimia dan mekanik/fisik.
4. Adanya sirkulasi air yang lebih dominan yang sangat berpengaruh pada proses serpentinisasi. Sirkulasi air ini akan melalui rekahan–rekahan yang diakibatkan oleh struktur pensesaran pada daerah sekitarnya.
5. Iklim tropis basah, seperti yang disaratkan dalam pembentukan endapan bijih nikel laterit

Sektor B, mempunyai luas sekitar 1,67 km x 1,27 km (2,1209 km²/212,09 ha) merupakan daerah yang mempunyai tingkat prospektif relatif diatas rata–rata, berdasarkan pertimbangan– pertimbangan sebagai berikut :

1. Sebagian daerah disusun oleh batuan ultra basa, terutama di bagian tengah dari sektor ini, sehingga masih dimungkinkan ditemukan cebakan bijih nikel laterit.
2. Batuan ultra basa ini diapit formasi batuan yang tidak kondusif untuk pembentukan bijih nikel yaitu Formasi Dodoga yang terdiri dari perselingan antara batulanau, serpih, batupasir dan batugamping
3. Masih dilalui struktur sesar
4. Topografi semakin tinggi yang kemungkinan mempunyai kemiringan lebih curam sehingga tidak kondusif untuk pembentukan cebakan bijih nikel

Sektor C, mempunyai luas sekitar 4,464 km x 1,078 km (4,812192 km²/481,192 ha) merupakan daerah yang mempunyai tingkat prospektif relatif kecil, berdasarkan pertimbangan–pertimbangan sebagai berikut :

1. Seluruh daerah ini ditutupi oleh satuan batuan yang tidak kondusif untuk pembentukan bijih nikel laterit
2. Topografi terjal

Berdasarkan atas konsep–konsep diatas maka eksplorasi cebakan bijih nikel di daerah ini direncanakan sebagai berikut.

Sektor A sebagai prioritas pertama dengan menggunakan metode :

1. Pembuatan sumur uji dan atau pemboran dengan bor tangan (*hand auger*) hingga mencapai batuan dasar, dengan sistem kisi (grid) berinterval 200 m x 100 m pada tahap awal, yang pada tahap selanjutnya memperapat kisi hingga 12,5 m x 12,5 m untuk zona yang sangat prospektif berkadar nikel yang cukup signifikan. Data laterit profil di daerah Weda Bay menunjukkan kisaran ketebalan

- Chetetat, E. de ; 1947. *La genesa at l'evolution desgiements de nickel de la Nouvele Caledonia*, Soi. Geol, frame Bull.
- Djadjulit, A ; Karim, A., Hasanudin, D., Kelfas, Y., Purwanto, H., Ukat., Sutisna, A. 1992, *Pemantauan Penambangan Bijih Nikel di UPN Pomalaa, PT Aneka Tambang Pomalaa, Kolaka , Sulteng*. Laporan Tehnik Penambangan no 36, Direktorat Jendral Pertambangan Umum, Pusat Pengembangan Teknologi Direktorat Proyek Penelitian Teknologi Pertambangan
- Supriatna, S. ; 1980, *Peta Geologi Lembar Morotai, Maluku Utara, Skala 1 : 250.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung
- Sukamto dan Simanjuntak, 1982. *Makalah dalam Pemantauan Teknologi Penambangan Bijih Nikel di UPN Pomalaa PT. Aneka Tambang, Kolaka, Sulawesi Tenggara*, diedit oleh Apud Djadjuli dkk., 1992, PPTM, Bandung.
- Sutisna, D.T., 1969. *Penambangan Bijih Nikel di Unit Penambangan Nikel Pomalaa, Sulawesi Tenggara*; Skripsi Akademi Geologi dan Pertambangan, Bandung.

*Draft Peraturan Pemerintah TENTANG KONSERVASI BAHAN GALIAN***PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA**

PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA
NOMOR :
TENTANG KONSERVASI BAHAN GALIAN

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA

Menimbang :

- a. bahwa dalam rangka pemanfaatan sumber daya bahan galian merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui dan merupakan karunia Tuhan Yang Maha Esa, maka perlu dikelola dan dimanfaatkan secara optimal untuk kepentingan nasional baik masa sekarang maupun yang akan datang.
- b. Bahwa setiap kegiatan yang menyangkut pemanfaatan sumber daya bahan galian harus mempertimbangkan kebutuhan dan perkembangan teknologi, ekonomi, sosial budaya, politik dan sektor lain yang terkait.
- c. bahwa konservasi bahan galian diperlukan dalam pengelolaan sektor pertambangan umum yang berpedoman dan berasaskan konservasi bahan galian, dan
- d. bahwa peraturan perundang-undangan yang ada selama ini belum menampung dan mengatur secara menyeluruh mengenai konservasi bahan galian, oleh karena itu perlu ditetapkan peraturan tentang konservasi bahan galian dalam bentuk Peraturan Pemerintah Republik Indonesia.

Mengingat :

1. Pasal 33, Undang-undang Dasar 1945;
2. Undang-undang Nomor 11 tahun 1967, tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Pertambangan Umum;
3. Undang-undang No. 5 tahun 1990, Tentang Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistemnya;
4. Undang-undang Nomor 5 Tahun 1992, Tentang Benda Cagar Budaya;
5. Undang-undang Nomor 23 Tahun 1997, Tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup;
6. Undang-undang Nomor 22 Tahun 1999, Tentang Pemerintahan di Daerah
7. Undang-undang Nomor 41 tahun 1999, Tentang Kehutanan;

Memutuskan

Menetapkan : **PERATURAN PEMERINTAH TENTANG KONSERVASI
BAHAN GALIAN**

BAB I
KETENTUAN UMUM
Pasal 1

- (1) Konservasi bahan galian merupakan upaya untuk terwujudnya pengelolaan bahan galian secara optimal dengan mempertimbangkan berbagai kebutuhan, kemampuan perkembangan teknologi, ekonomi, sosial budaya, politik, dan sektor-sektor lain yang terkait.
- (2) Konservasi bahan galian dalam Peraturan Pemerintah ini berlaku untuk setiap usaha kegiatan Izin Usaha Pertambangan (IUP), Perjanjian Usaha Pertambangan (PUP), dan Izin Pertambangan Rakyat (IPR) sebagaimana dimaksud dalam Undang-undang Pertambangan Umum.

Pasal 2

Dalam Peraturan Pemerintah ini yang dimaksud dengan :

- a. Bahan galian adalah unsur kimia, mineral, batuan dan bijih, termasuk batubara, gambut, bitumen padat, air tanah, panas bumi, mineral radioaktif yang terjadi secara alamiah dan mempunyai nilai ekonomis.
- b. Eksplorasi penyelidikan geologi yang dilakukan untuk mengidentifikasi, menentukan lokasi, ukuran, bentuk, letak, sebaran, kuantitas dan kualitas suatu endapan bahan galian untuk kemudian dapat dilakukan analisis/kajian kemungkinan dilakukannya penambangan.
- c. Eksploitasi penggalian endapan bahan galian dari kulit bumi secara ekonomis dengan menggunakan sistem penambangan tertentu.

- d. Pemerintah adalah Pemerintah dan atau Pemerintah Daerah dengan kewenangan sesuai yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah No. 25 Tahun 2000
- e. Sumber daya adalah potensi endapan bahan galian yang telah dieksplorasi sehingga dapat diketahui perkiraan dimensi, jumlah dan kualitasnya, dengan derajat keyakinan geologi tertentu sesuai dengan standar yang berlaku.
- f. Cadangan adalah sumber daya endapan bahan galian dengan derajat keyakinan geologi tertinggi yang setelah dievaluasi secara teknis, ekonomis dan lingkungan serta dinyatakan layak tambang.
- g. Pengelolaan bahan galian adalah kegiatan yang meliputi inventarisasi, pemanfaatan dan konservasi bahan galian .
- h. Inventarisasi bahan galian adalah pencatatan atau pengumpulan data dan informasi mengenai keterdapatannya dan sumber daya bahan galian yang meliputi jenis, lokasi, potensi, dan informasi lainnya yang terkait, termasuk didalamnya melakukan peninjauan lapangan ketempat-tempat yang diduga mengandung potensi bahan galian
- i. Batas kadar terambil atau Cut off Grade (CoG) adalah kadar rata-rata terendah dari blok cadangan bahan galian yang apabila ditambang masih bernilai ekonomis.
- j. Nisbah pengupasan atau Stripping ratio (SR) adalah perbandingan antara tonase cadangan bahan galian dengan volume material lain (sumber daya dan atau waste) yang harus digali dan dipindahkan untuk dapat menambang cadangan tersebut.
- k. Bahan galian kadar marginal adalah bahan galian yang mempunyai kadar di sekitar CoG, sehingga dapat merupakan cadangan atau sumber daya, tergantung pada kondisi teknologi, nilai dan harga.
- l. Bahan galian kadar rendah adalah sumber daya yang telah diketahui dimensi dan kualitasnya dengan keyakinan geologi tertentu, namun kualitas tersebut masih di bawah CoG.
- m. Bahan galian lain adalah endapan bahan galian yang berada di lokasi penambangan namun tidak termasuk bahan galian yang diusahakan.
- n. Mineral ikutan adalah mineral selain mineral utama yang diusahakan menurut genesanya terjadi secara bersama-sama dengan mineral utama.
- o. Sisa cadangan adalah cadangan bahan galian yang tertinggal pada saat penambangan diakhiri.
- p. Perolehan tambang atau mining recovery adalah perbandingan antara produksi tambang dengan jumlah cadangan layak tambang dinyatakan dalam persen.
- q. Galian wantah atau run of mine (ROM) adalah bahan galian yang diperoleh langsung dari permukaan kerja (*front*) penambangan dan belum diolah
- r. Perolehan (recovery) pengangkutan adalah perbandingan antara jumlah bahan galian hasil pengangkutan dengan jumlah bahan galian yang harus diangkut
- s. Perolehan (recovery) pengolahan/pemurnian adalah perbandingan antara jumlah produksi pengolahan/pemurnian dengan jumlah produksi tambang yang masuk dalam proses pengolahan/pemurnian.
- t. Produk sampingan (*by product*) adalah produksi pertambangan selain produksi utama pertambangan yang merupakan hasil sampingan dari proses pengolahan dari produksi utama pertambangan .
- u. Tailing adalah bagian dari proses pengolahan bahan galian yang tidak dikehendaki karena sudah tidak mengandung mineral berharga lagi.
- v. Izin Usaha Pertambangan Umum adalah kegiatan usaha pertambangan berupa : Izin Usaha Pertambangan, Perjanjian Usaha Pertambangan, dan Izin Pertambangan Rakyat.
- w. Keyakinan geologi adalah tingkat keyakinan mengenai endapan mineral yang meliputi ukuran, bentuk, sebaran, kuantitas, dan kualitasnya sesuai dengan tahap eksplorasi.

BAB II ASAS DAN TUJUAN

Pasal 3

Konservasi bahan galian berazaskan optimalisasi, penghematan, berkelanjutan, bermanfaat bagi kepentingan rakyat secara luas, dan berwawasan lingkungan.

Pasal 4

Konservasi bahan galian bertujuan untuk mengupayakan terwujudnya pemanfaatan bahan galian secara bijaksana, optimal dan mencegah pemborosan bahan galian dengan sasaran untuk mensejahterakan masyarakat dan melaksanakan pembangunan yang berkelanjutan.

BAB III RUANG LINGKUP

Pasal 5

- (1) Ruang lingkup pelaksanaan konservasi bahan galian meliputi perencanaan, pelaksanaan, dan pengawasan setiap kegiatan perusahaan bahan galian mulai dari penyelidikan umum, eksplorasi, penambangan, pengangkutan, dan pengolahan/pemurnian, sampai kepada penanganan lingkungan dan penutupan tambang dengan mengikuti asas konservasi serta memperhatikan kepentingan nasional pada masa sekarang dan masa datang.
- (2) Hal-hal yang berkaitan dengan konservasi bahan galian, meliputi :

- a. sumber daya dan cadangan;
- b. recovery penambangan, stripping ratio, dan cut off grade;
- c. bahan galian kadar marginal dan kadar rendah;
- d. recovery pengangkutan/ pengolahan/pemurnian;
- e. penanganan mineral ikutan dan bahan galian lain;
- f. penanganan sisa sumber daya dan cadangan pasca tambang;
- g. penanganan tailing;
- h. peningkatan nilai tambah bahan galian;
- i. penutupan tambang;
- j. penataan wilayah konservasi pertambangan umum.

BAB IV PENERAPAN KONSERVASI BAHAN GALIAN

Bagian Pertama Penyelidikan Umum Dan Eksplorasi

Pasal 6

- (1) Dalam penyelidikan umum pemegang izin usaha pertambangan umum wajib menggunakan metode yang tepat sehingga diperoleh informasi tentang geologi, jenis dan kualitas bahan galian secara umum di dalam wilayah usahanya.
- (2) Informasi yang dimaksud dalam ayat (1) termasuk keterdapatan atau penemuan bahan galian lain yang tidak tertera pada izin usaha pertambangan umum dan prospeknya.
- (3) Pemegang izin usaha pertambangan umum wajib menyampaikan laporan hasil kegiatan penyelidikan umum beserta percontohnya kepada pemerintah sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Pasal 7

- (1) *Dalam kegiatan eksplorasi pemegang izin usaha pertambangan umum wajib menggunakan metode yang tepat sehingga diperoleh informasi geologi, jenis, letak, bentuk, ukuran, kualitas, sumber daya dan cadangan bahan galian, dan mineral ikutan.*
- (2) *Pemegang izin usaha pertambangan umum wajib menyampaikan laporan hasil kegiatan eksplorasi beserta percontoh bijih/bahan galian seperti tercantum pada ayat (1) kepada pemerintah sesuai dengan ketentuan yang berlaku.*
- (3) *Informasi bahan galian lain yang diperoleh pada tahap eksplorasi namun tidak tertera pada izin usaha pertambangan umum dan belum dilaporkan pada tahap penyelidikan umum harus dilaporkan kepada Pemerintah.*
- (4) *Penetapan sumber daya dan cadangan mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) yang terkait dan memperhatikan aspek konservasi bahan galian.*

Bagian Kedua Penambangan Pasal 8

- (1) Kegiatan izin usaha pertambangan umum dari tahap eksplorasi hanya dapat dilanjutkan ke tahap penambangan apabila sumber daya dan cadangan bahan galian yang akan diusahakan telah mendapat persetujuan dari pemerintah.
- (2) Dalam membuat laporan kelayakan penambangan, pemegang izin usaha pertambangan umum wajib memperhatikan asas konservasi;
- (3) Dalam perencanaan tambang harus dilakukan kajian agar cadangan yang ada dapat ditambang secara optimal dan efisien.

Pasal 9

- (1) Penetapan recovery penambangan, cut off grade, stripping ratio, pengangkutan, pengolahan, dan pemurnian dilakukan pada setiap penyusunan studi kelayakan dan atau perencanaan tambang dan atau rencana kerja tahunan;
- (2) Perubahan tentang ketentuan recovery penambangan, cut off grade, stripping ratio, pengangkutan, pengolahan, dan pemurnian seperti dimaksud pada ayat (1) sebelum diterapkan dalam penambangan harus mendapat persetujuan dari pemerintah;
- (3) Pemerintah dapat menggunakan acuan keadaan suatu tambang yang sudah jalan untuk menentukan batasan cut off grade, stripping ratio setelah membandingkan kondisi berbagai faktor terkait;

Pasal 10

- (1) Pemegang izin usaha pertambangan umum harus menginformasikan bahan galian berkadar marginal dan atau berkadar rendah yang diusahakan kepada pemerintah.
- (2) Apabila bahan galian seperti dimaksud pada ayat (1) ikut tergali, pemegang izin usaha pertambangan umum mengupayakan (*wajib*) menempatkan di suatu lokasi serta menanganinya secara baik, sehingga apabila di saat mendatang bahan galian tersebut bernilai ekonomis dapat diusahakan kembali.
- (3) Pada pelaksanaan penambangan, pemegang izin usaha pertambangan umum mengupayakan untuk memanfaatkan bahan galian berkadar marginal dan atau berkadar rendah sebagai produksi Run Of Mine.
- (4) Sumber daya bahan galian berkadar marginal dan atau berkadar rendah yang ditemukan selama proses penambangan bawah tanah agar ditambang dan disimpan untuk dimanfaatkan dimasa mendatang;

Bagian Ketiga
Pengangkutan, Pengolahan Dan Pemurnian
Pasal 11

Sistim sarana pengangkutan produksi bahan galian harus diupayakan agar faktor kehilangan bahan galian sekecil mungkin.

Pasal 12

- (1) Sistim pengolahan bahan galian harus diupayakan secara efisien.
- (2) Produk sampingan dan sisa pengolahan yang belum bernilai ekonomi agar disimpan dan dapat dimanfaatkan dimasa mendatang dengan memperhatikan lingkungan.
- (3)

Bagian Keempat
Penanganan Mineral Ikutan dan Bahan Galian Lain
Pasal 13

Pada pelaksanaan penambangan, apabila terdapat mineral ikutan dan bahan galian lain ikut tergali atau terganggu keberadaannya, harus diupayakan untuk ditempatkan di suatu lokasi serta ditangani secara baik. Apabila pada saat mineral dan bahan galian tersebut bernilai ekonomis dapat diusahakan kembali.

Bagian Kelima
Penanganan Tailing
Pasal 14

- (1) Tailing hasil pengolahan harus diupayakan serendah mungkin mengandung bahan galian yang berharga.
- (2) Pemegang izin usaha pertambangan umum wajib melakukan analisis secara teratur kadar tailing dan melaporkan kepada pemerintah.
- (3) Apabila kandungan tailing masih mempunyai nilai ekonomis, pemegang izin pertambangan umum wajib mengolah kembali.
- (4) Apabila kandungan tailing masih mengandung mineral ikutan yang bernilai ekonomis pemegang izin pertambangan umum wajib memisahkan tailing tersebut dari tailing lainnya dan menempatkannya di lokasi tertentu

Bagian Keenam
Peningkatan Nilai Tambah Bahan Galian .
Pasal 15

Perusahaan wajib meningkatkan manfaat yang optimal atas bahan galian dengan mengembangkan kegiatan dan proses pengolahannya, meningkatkan produktivitas keseluruhan dan mengembangkan produk yang mempunyai nilai tambah.

- a. Berupaya untuk melakukan pengolahan bahan galian seoptimal mungkin di dalam negeri;
- b. Menyerap teknologi dan menfaatkan lembaga Litbang dalam negeri serta melakukan inovasi berorientasi pasar;
- c. Meningkatkan kualitas produksi sehingga dapat memenuhi standar nasional atau standar internasional;
- d. Melakukan kajian bersama stakeholder untuk mendapatkan manfaat dari produk sampingan;
- e. Mengutamakan pemakaian produk dalam negeri dalam melakukan kegiatan operasionalnya;
- f. Meningkatkan penyampaian informasi kepada pihak konsumen tambang dalam negeri tentang produk yang dihasilkannya dalam rangka mereduksi pemakaian produk import.

Bagian Ketujuh
 Penutupan Tambang
 Pasal 16

- (1) Sebelum melakukan penutupan tambang perusahaan wajib melakukan langkah-langkah sebagai berikut :
 - a. Melakukan kegiatan sterilisasi cadangan sebelum memutuskan akan melakukan penutupan tambang, dalam rangka mengetahui cadangan yang masih ada di dalam tanah (belum tertambang), untuk bahan pertimbangan dalam menentukan rencana penutupan tambang
 - b. Sebelum melakukan penutupan tambang perusahaan wajib membuat laporan Rencana Penutupan Tambang dengan mengikuti peraturan yang berlaku.
 - c. Melaporkan semua data eksplorasi, dan data eksploitasi yang menyatakan banyaknya bijih yang telah ditambang, diolah, diekspor dan yang tersedia.
 - d. Melakukan dokumentasi dan pengamanan akan bahan galian yang telah tertambang tetapi belum terpasarkan, sehingga jelas lokasinya dan tidak terbuang karena erosi atau hilang karena berbagai sebab
- (2) Dalam pengajuan penutupan tambang, harus disebutkan alasan-alasan penutupan tambang bersifat sementara karena sesuatu hal atau merupakan penutupan seterusnya.

Pasal 17

- (1) Pemegang izin usaha pertambangan umum wajib mengambil seluruh bahan galian sesuai dengan cut off grade dan stripping ratio yang telah ditetapkan.
- (2) Sisa cadangan bahan galian yang tidak terambil selama penambangan, harus disimpan di suatu tempat yang aman
- (3) Sumber daya dan cadangan bahan galian yang tidak dapat terambil seluruhnya sebagaimana dimaksud pada ayat (1), pemegang izin usaha pertambangan umum wajib mendata dan melaporkan kepada pemerintah.

BAB V
PENATAAN WILAYAH KONSERVASI PERTAMBANGAN UMUM
 Pasal 18

- (1) Dalam penataan Rencana Tata Ruang, Pemerintah dan Pemerintah daerah wajib mempertimbangkan potensi pertambangan, untuk kepentingan negara masa kini dan masa mendatang
- (2) Dalam melakukan penataan wilayah konservasi usaha pertambangan umum agar mengakomodasi semua pelaku usaha dengan menyesuaikan kemampuan masing-masing pelaku usaha pertambangan umum.

Pasal 19

Dalam mengupayakan optimasi bahan galian serta penetapan wilayah konservasi usaha pertambangan umum perlu mempertimbangkan lokasi wilayah/daerah : .

- a. Kawasan cagar budaya;
- b. Kawasan lindung geologi yang terdiri dari kawasan karst dan daerah resapan air tanah;
- c. Kawasan rawan letusan gunungapi yang termasuk daerah kawasan III;
- d. Kawasan taman nasional;
- e. Kawasan pemukiman padat;
- f. Kawasan suaka marga satwa;
- g. Kawasan cagar biosfir;
- h. Kawasan perlindungan satwa nutfah;
- i. Kawasan yang menurut peraturan/perundang-undangan lain maupun masyarakat yang tidak menghendaki adanya kegiatan pertambangan umum.

BAB VI
PEMBINAAN DAN PENGAWASAN
 Pasal 20

- (1) Pembinaan terhadap konservasi bahan galian dilakukan oleh pemerintah berupa bantuan teknis, perencanaan, pendidikan dan latihan, penyuluhan dan informasi.
- (2) Pengawasan terhadap konservasi bahan galian dilakukan oleh pemerintah meliputi seperti dimaksud pada Pasal (5), ayat (2).

Pelaksanaan pengawasan konservasi bahan galian sebagaimana dimaksud dalam ayat (2) akan diatur lebih lanjut oleh Pemerintah

BAB VII
KEWAJIBAN PEMEGANG IZIN USAHA PERTAMBANGAN UMUM
Pasal 21

Pemegang izin usaha pertambangan umum wajib :

- a. Melaksanakan dan mentaati ketentuan dalam Peraturan Pemerintah ini;
- b. Melaksanakan konservasi bahan galian dengan mengacu kepada dokumen studi kelayakan yang disetujui;
- c. Menyampaikan informasi yang diperlukan sehubungan dengan penerapan dan pelaksanaan konservasi bahan galian dalam perusahaan bahan galian;
- d. Memberikan pengertian, pembinaan, dan pemahaman kepada karyawan mengenai konservasi bahan galian.

BAB VIII
PELAPORAN
Pasal 22

- (1) Pemegang izin usaha pertambangan umum wajib memberikan laporan tertulis secara berkala mengenai pelaksanaan konservasi bahan galian kepada pemerintah
- (2) Ketentuan tentang bentuk, jenis dan prosedur penyampaian laporan sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) diatur oleh peraturan dan pedoman yang berlaku.

BAB IX
SANKSI
Pasal 23

- (1) Barang siapa yang dengan sengaja tidak menyampaikan laporan kepada Pemerintah sebagai dimaksud dalam Pasal 6 ayat (3) dipidana dengan pidana penjara paling lama tahun dan pidana denda paling banyak rupiah
- (2) Barang siapa yang dengan sengaja menyampaikan laporan yang tidak benar dan atau informasi/keterangan yang palsu dipidana dengan pidana penjara paling lama tahun dan pidana denda paling banyakrupiah.
- (3) Barang siapa yang tanpa keahlian dan kewenangan dengan sengaja melakukan kegiatan yang bertentangan dengan Pasal 6 ayat (1), Pasal 7 ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama tahun dan pidana denda paling banyak.... Rupiah.
- (4) Barang siapa dengan sengaja melakukan perbuatan dan kegiatan yang tidak memenuhi ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 8 ayat (2) dipidana dengan pidana denda paling banyakrupiah

BAB X
KETENTUAN PERALIHAN
Pasal 24

Dengan berlakunya peraturan pemerintah ini, maka semua kegiatan usaha pertambangan yang sudah ada sebelumnya, wajib melaksanakan konservasi bahan galian sesuai dengan peraturan pemerintah ini.

BAB XI
PENUTUP
Pasal 25

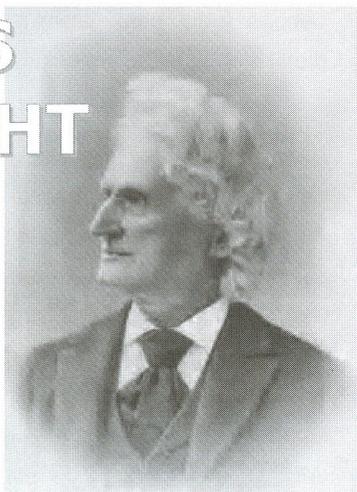
Peraturan Pemerintah ini mulai berlaku pada tanggal diundangkan. Agar setiap orang mengetahui, memerintahkan pengundangan Peraturan Pemerintah ini dengan penempatannya dalam lembaran negara Republik Indonesia.

Diterbitkan di Jakarta
Pada tanggal
PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA

MEGAWATI SOEKARNO PUTRI

JAMES DWIGHT DANA

Membaca riwayat hidup para tokoh, semoga menjadi inspirasi agar kita juga terpacu untuk sedikitnya bisa menghasilkan karya yang bermanfaat bagi orang lain.



Mendapatkan pendidikan yang bagus serta memiliki latar belakang kehidupan, perjalanan, lingkungan serta ambisi yang sangat menunjang, menjadikan James Dwight Dana salah seorang *Geologist* serta *Scientist Amerika* terkemuka pada abad 20. Kontribusi Dana yang terpenting dalam ilmu geologi tersebar dalam lebih kurang 200 publikasi, termasuk diantaranya hasil karyanya yang terakhir, berupa sistematik mineralogi, paleontologi dan geologi buah karya Ekspedisi Wilkes yang diikutinya. Salah satu textbooknya yang terkenal adalah "*Manual of Geology*", serta beberapa kontribusi lainnya dalam pengembangan *framework* sains Amerika.

James Dwight Dana dilahirkan di Utica, New York pada tanggal 12 Pebruari 1813, anak tertua dari sepuluh bersaudara. Semenjak kecil, Dana tertarik untuk mengumpulkan objek-objek alam seperti mineral, tanaman serta binatang-binatang. Kegemarannya untuk melakukan observasi serta mengoleksi benda-benda tersebut dimulainya sedari kecil bahkan sebelum ia berusia 10 tahun. Di sekolah, kebetulan ia juga memiliki seorang guru sains yang sangat mendukung kegemarannya tersebut.

Dana memasuki *Yale College* pada tahun 1830 serta mempelajari kurikulum tradisional teologi, filosofi serta sains. Ia adalah seorang murid yang serius. Daripada memanfaatkan waktu luangnya untuk bersenang-senang, Dana lebih memilih untuk memanfaatkannya di lapangan serta bekerja membantu *Prof Silliman*, salah seorang gurunya, menjadi asisten di laboratoriu kimia Yale.

Makalah ilmiah yang ditulis Dana dengan judul "*On the Condition of Vesuvius in July 1832*" yang merupakan hasil pengamatannya ketika *traveling* ke berbagai tempat sebagai seorang guru matematika awak kapal *the USS Delaware* (1832-1834), diterbitkan dalam *scientific journal* terkenal "*American Journal of Science*". Pengalamannya datang ke berbagai tempat di dunia menjadi dasar bagi pemikirannya tentang geologi, utamanya pemikiran tentang gunung berapi dan *coral reefs*.

Perjalanan penting Dana lainnya yang mencuatkan karirnya sebagai seorang geologist, adalah *Ekspedisi Wilkes* (1838-1842). Ekspedisi yang bekerja mengeksplorasi kawasan Pasifik ini, adalah salah satu kegiatan penting dalam sejarah sains di Amerika. Ekspedisi Wilkes berlayar mengelilingi dunia, mengadakan survey sejarah Polinesia serta bekerja menguatkan keberadaan benua Antartika. Selama mengikuti ekspedisi Wilkes, Dana mengumpulkan berbagai data serta melakukan observasi yang kemudian ia tuangkan dalam laporan-laporannya seperti *Zoophytes*, *Crustacea* dan *Geology*. Tak tanggung-tanggung, ia mengerjakan laporan hasil ekspedisi tersebut dalam kurun waktu 14 tahun. Keseriusannya, pengalaman-pengalaman serta pengamatannya yang luar biasa mengantarkan Dana untuk menjadi seorang ilmuwan Amerika terkemuka yang pandangan-pandangannya dihormati serta diikuti. Tugasnya sebagai editor di majalah *American Journal of Science* juga membantu meningkatkan pengaruhnya terhadap sains Amerika.

Kontribusi Dana penting lainnya ketika itu, adalah tulisan-tulisannya tentang coral dan coral reefs. Lewat berbagai observasi Dana mendeskripsikan 3 bagian *coral reefs* yaitu *atolls*, *fringing reefs* dan *barrier reefs*. Ia menghubungkan ketiga tipe tersebut dengan tahapan evolusi dari koral yang tumbuh pada tubuh vulkanik, dengan penurunan daratan sebagai proses dominan yang mempengaruhi tahapan perkembangan coral tersebut

Dana tidak saja melanjutkan studi intensifnya tentang mineral tetapi juga menerbitkan edisi pertama "*A System of Mineralogy*" sebelum ia berlayar dengan Ekspedisi Wilkes. Tulisannya ini adalah salah satu

karyanya yang paling berpengaruh selain “*Manual of Geology*”.

Sejarah “*System of Mineralogy*” dimulai ketika Dana menulis sebuah nomenklatur kimia tentang mineral yang kemudian dikirimnya pada *Jons Jakob Berzelius*, seorang ahli kimia terkemuka di Eropa. Mengomentari hasil pekerjaan Dana tersebut, Berzelius menyarankan agar Dana membuat sendiri sebuah sistem baru ketimbang memodifikasi sistem yang telah ada. Dana mampu mengerjakan hal tersebut. Edisi pertama dari sistem yang dibuat Dana diterbitkan pada tahun 1837. Sistem yang dibuatnya adalah sebuah sistem alam serupa seperti yang dipakai dalam ilmu Biologi. Sistem tersebut secara cepat menjadi standar referensi dan disertakan sebagai suplemen dalam bukunya tentang mineral edisi untuk para pelajar “*Texbook of Mineralogy*”.

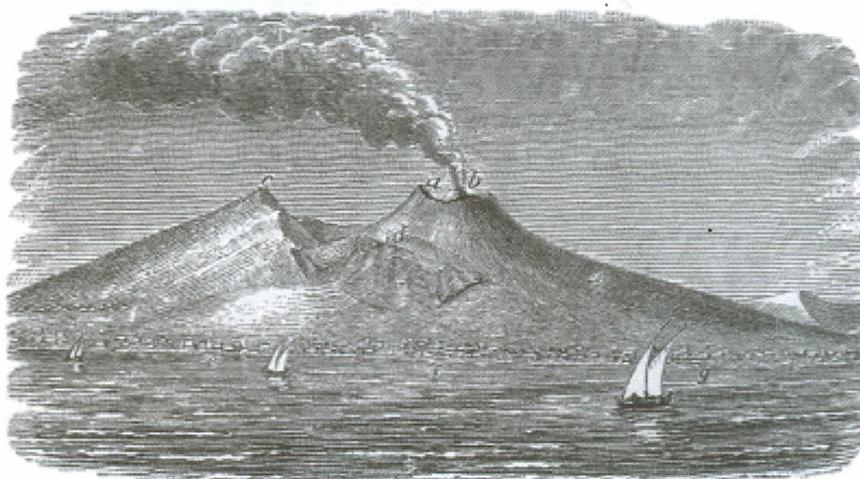
Penambahan serta revisi pada edisi edisi berikutnya menciptakan “*System of Mineralogy*” yang hingga saat ini masih banyak digunakan serta menjadi acuan para pelajar yang mempelajari ilmu mineral. Edisi ke 22 pada tahun 2002 diterbitkan dengan judul *Manual of Mineral Science*, direvisi oleh Cornelis Klein. Bukunya yang lain “*Manual of Geology*” yang mendeskripsikan pandangan-pandangan Dana tentang geologi, mempengaruhi evolusi ilmu geologi dari sebuah ilmu deskriptif ketika itu, menjadi ilmu yang lebih kuantitatif dan teoritikal seperti saat ini. “*System of Mineralogy*” juga terus direvisi. Edisi ke 6 (1892) diedit oleh putra Dana sendiri E.S. Dana. Pada tahun 1997 edisi ke 8 dari “*System of Mineralogy*” diterbitkan

dengan judul baru “*Dana’s New Mineralogy*” yang diedit oleh R.V Gaines dkk.

Hingga akhir hayatnya, Dana menyumbangkan banyak sekali kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan di Amerika bahkan dunia. Walaupun ia pensiun karena usia tuanya serta selama 30 tahun masa produktifnya menderita sakit, kesungguhan serta ambisinya membawanya menjadi seorang yang berpengaruh dalam membangun sains Amerika. Perannya yang paling penting adalah sebagai kontributor yang sangat produktif bagi *American Journal of Science*, pemimpin bagi perkembangan geologi di Yale University (salah satu sekolah geologi tertua di Amerika Serikat), seorang yang berpengaruh pada perkembangan *National Academy of Science* serta pelopor bagi perkembangan USGS (United States of Geological Survey).

Dana menikah dengan *Henrietta Frances Silliman*, putri dari Prof Silliman pada tahun 1844. Mereka memiliki seorang putra *Edward Salisbury Dana*, yang juga merupakan seorang ahli mineralogi. Dana meninggal pada tanggal 14 April 1895 di New Haven Connecticut dengan meninggalkan banyak sekali sumbangan berharga bagi kemajuan ilmu geologi, tidak hanya bagi Amerika tapi juga bagi dunia.

(**Tha, sumber :** **Mac Millan Encyclopedia of Earth Sciences,** http://geology.about.com/library/bl/blj-d-dana_bio.htm)



Sketsa Mount Vesuvius yang dibuat Dana dan diterbitkan dalam “*American Journal of Science*”, 1832 (http://geology.about.com/library/bl/blj-d-dana_bio.htm)

NON FERROUS METAL

Mineral logam dapat diklasifikasikan menurut sifat kimianya (sesuai dengan elemen dalam tabel periodik), kelimpahannya di kulit bumi, maupun penggunaannya dalam industri modern.

Mengacu pada Mac Millan Encyclopedia of Earth Sciences, yang dimaksud dengan Logam Non ferrous (*Non Ferrous Metal*) dalam tulisan ini, adalah kelompok mineral logam yang memiliki 3 karakteristik utama, yaitu : 1) tidak digunakan sebagai bahan baku industri besi baja, 2) tidak digunakan sebagai bahan perhiasan; serta 3) memiliki produksi tahunan dan konsumsi yang cukup besar. Logam non ferrous (kecuali Cadmium dan Merkuri) diproduksi lebih dari jutaan ton pertahun apabila dibandingkan dengan puluhan atau ribuan ton produksi logam lainnya.

Kelompok Logam non ferrous, kecuali Alumunium dan Cadmium, telah dikenal sejak jaman prasejarah. Tembaga bersama-sama dengan emas ditemukan pada berbagai peninggalan jaman prasejarah. Tembaga, timbal, seng maupun timah sudah digunakan di China serta wilayah Mediterania semenjak 2500-3000 tahun sebelum Masehi. Jaman perunggu yang dimulai dari 2000-3000 sebelum Masehi dicirikan oleh pemakaian peralatan serta senjata dari campuran tembaga dan timah. Cadmium yang memiliki sifat seperti seng, pertama kali ditemukan pada tahun 1817. Alumunium yang sangat dikenal dalam industri modern, serta merupakan logam kedua terbanyak yang ditemukan di kulit bumi, belum dapat dipisahkan sebagai logam tersendiri hingga tahun 1825. Pada saat itu alumunium merupakan logam jarang dan mahal. Pada tahun 1880 ditemukan cara untuk

memisahkan Alumunium dari campurannya dengan biaya murah, sehingga sejak saat itu alumunium mulai digunakan dalam industri komersial hingga saat ini.

Sekilas mengenal logam Non Ferrous :

Alumunium (Aluminum) : Bersifat ringan, tahan korosi dan kuat. Alumunium Oxides memiliki sifat *inert*, keras serta memiliki titik leleh tinggi. Alumunium digunakan dalam industri kontainer, industri transportasi, untuk kawat tengangan tinggi maupun sebagai penghantar panas.

Tembaga (Copper): Dapat dicampur dengan timah untuk menjadi perunggu dan dengan seng untuk menjadi kuningan. Baik perunggu maupun kuningan memiliki sifat kuat serta tahan korosi. Tembaga banyak digunakan sebagai bahan bangunan maupun konstruksi, penghantar panas, mesin-mesin industri maupun dalam industri transportasi.

Timbal (Lead) : Memiliki sifat lunak, tahan korosi serta merupakan bahan penahan radiasi yang efektif. Hanya saja Timbal bersifat sangat toxic. Logam ini banyak digunakan sebagai bahan dasar pembuat batere, kabel maupun sebagai bahan dasar untuk menyolder.

Timah (Tin) : Bersifat tahan korosi serta mudah dicampur dengan logam lainnya.. Timah banyak digunakan sebagai bahan solder, berbagai macam pelat maupun bahan dasar kuningan.

Mercuri (Mercury): Bersifat cair pada temperatur ruangan serta bisa bercampur dengan logam lainnya. Sangat bersifat toxic. Banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan batu batere.

Seng (Zinc) : Bersifat tahan korosi. Banyak digunakan dalam industri bangunan, kosmetik, cat serta sebagai bahan baku pembuatan batere alkalin.

Tabel 1. Klasifikasi Mineral Logam yang digunakan dalam industri (Mac Millan Encyclopedia of Earth Sciences)

<i>Logam Ferrous</i>	Besi, kromium, vanadium, cobalt, nikel, molybdenum, tungsten
<i>Logam Non Ferrous</i>	Tembaga, aluminium, timbal, seng, timah, merkuri, cadmium
<i>Logam mulia</i>	Emas, perak dan 6 element kelompok platina (platinum, palladium, rhodium, iridium, osmium, and ruthenium)
<i>Logam khusus</i>	Arsenic, antimony, beryllium, bismuth, cesium, gallium, germanium, hafnium, iridium, niobium, logam tanah jarang, selenium, tantalum, tellurium, zirconium.

Tabel 2. Sifat fisik penting Logam Nonferrous (Mac Millan Encyclopedia of Earth Sciences)

	<i>Symbol and Atomic #</i>	<i>Specific Gravity</i>	<i>Melting Point (°C)</i>	<i>Resistance (ohm-cm)</i>	<i>Thermal Conductivity (W cm⁻¹ K⁻¹ at 0° C)</i>
Aluminium	Al ₁₃	2.70	660	2.65	2.37
Cadmium	Cd ₂₈	8.65	321	6.83	0.97
Tembaga (Copper)	Cu ₂₉	8.96	1083	1.67	4.03
Timbal (Lead)	Pb ₈₂	11.35	327	20.64	0.35
Mercuri (Mercury)	Hg ₈₀	13.55	-39	98.4	0.08
Timah (Tin)	Sn ₅₀	7.31	232	11.0	0.68
Seng (Zinc)	Zn ₃₀	7.13	420	5.92	1.17

W cm⁻¹ K⁻¹ : watts percentimeter-degree Kelvin at 0° C

(Tha, sumber : Mac Millan Encyclopedia of Earth Sciences)

TAHUKAH ANDA ?

1. Di bumi tercatat terdapat 3 tempat paling lembab, yaitu Kolombia, Selandia Baru dan India. Curah hujan di Kolombia tiap tahunnya mencapai lebih dari 11.000 mm sehingga menjadikan udara di kota itu sangat lembab. Di India pada tahun 1861 pernah terjadi hujan terus menerus selama sebulan dengan curah hujan mencapai 9300 mm. Salah satu pulau di selatan Selandia Baru, di sekitar perairan Australia yang beriklim hutan hujan tropis bahkan memiliki rekor curah hujan datar 15.000 mm.
2. Tempat paling panas di bumi yang memiliki suhu rata-rata paling tinggi di dunia adalah Negara-negara di Afrika Utara yang hanya dikelilingi daratan yaitu Mali, Nigeria dan Burkina Fasso. Ketiga Negara tersebut terletak di sekitar garis khatulistiwa yang paling panas di bumi selain juga mendapat pancaran sinar matahari yang jatuh vertikal.
3. Daerah yang paling kering di bumi adalah Gurun Atacama di Chile Utara. Mesir tercatat sebagai Negara dengan daratan kering terbanyak. Sebagian besar wilayah Mesir berupa gurun pasir. Gurun Sahara di Afrika Utara adalah tempat yang paling lama disinari matahari. Dalam setahun gurun ini disinari matahari selama 4000 jam dengan rata-rata 11 jam setiap harinya.

Dimanakah tempat terlembab, terpanas atau terkering di Bumi?



(Tha, Sumber :
3 Menit Belajar Pengetahuan Umum Alam Semesta,
Bumi dan Samudra)

KAMUS GEOLOGI

- Degenerate** : Kehilangan beberapa struktur atau struktur simetri dari kondisi terdahulunya.
- Desiccate** : Mengeringkan, mencegah atau menghilangkan kelembaban, mengawetkan dengan pengeringan.
- Eclogite** : Batuan granular yang terdiri dari komposisi penting garnet (almandine-pyrope) dan piroxene (omphacite).
- Ejecta, Ejectamenta** : Material yang dikeluarkan dari gunung api, seperti abu, lapili, bom.
- Epidote** : Mineral dengan rumus kimia $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe}^{3+})_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$. Monoklin. Mineral umum dalam batuan metamorfik.
- Ferride** : Anggota dari kelompok elemen yang berhubungan dengan besi, termasuk Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni.
- Fusain** : Material organik dalam batubara dengan penampilan dan struktur arang, mudah patah dan umumnya kadar abu tinggi, terdiri dari maseral fusite.
- Gabbro** : Batuan plutonik yang terdiri dari calcic plagioclase (umumnya labradorit) dan clino-pyroxene, dengan atau tanpa orthopyroxene dan olivine. Apatit dan magnetit / ilmenit adalah aksesoris yang umum.
- Glauberite** : Mineral dengan rumus kimia $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2$, monoklin.
- Glass sand** : Pasir silika murni yang digunakan untuk membuat gelas/kaca dan pot.
- Hard coal** : Antrasit.
- Halite** : Batuan garam. Mineral, NaCl, Isometrik. Mineral yang umum dari evaporite.
- Evaporite** : Salah satu sedimen yang mengendap dari larutan berair sebagai hasil dari penguapan total / sebagian pelarut.
- Halmyrolysis, Halmyrosis** : 1. Istilah untuk proses penghilangan ion dari larutan dalam air laut. 2. Pengaturan dan penempatan ulang bahan-bahan kimia yang terjadi saat endapan masih diatas dasar laut. 3. Weathering submarine dari endapan/batuan.
- Weathering** : Proses pelapukan batuan yang disebabkan oleh material seperti udara dan air hujan atau oleh tanaman dan bakteri atau oleh reaksi mekanik yang disebabkan perubahan suhu. Batuan tidak terlindungi dari perubahan cuaca, melapuk dan akhirnya hancur ke dalam tanah.

(Ria, Sumber : *Dictionary of Geological Terms*)

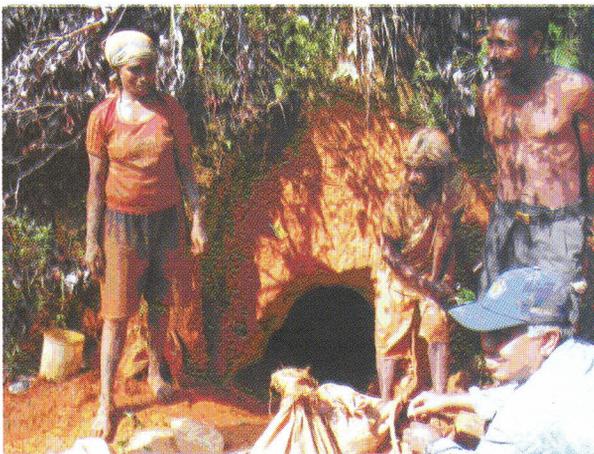
GALLERY FOTO GALLERY FOTO



Penambangan endapan emas aluvial di badan sungai, Nabire, Papua
(Foto : Koleksi KPP Konservasi)



Andesit kekar lembar di Wologai Detusoko,
Kab. Ende, NTT1
(Foto : Koleksi KPP Mineral)



Penambangan emas bawah permukaan melibatkan tenaga kerja wanita, Nabire, Papua
(Foto : Koleksi KPP Konservasi)



Manifestasi Uap panas Bumi, Mataloko
(Foto : Candra)
(Foto : Koleksi Bid. Informasi)



Pimpinan dan staff
Pusat Sumber Daya Geologi

mengucapkan :

Selamat Tahun Baru 2007





ISSN 1907-5367
9 771907 536770