

buletin

SUMBER DAYA GEOLOGI

Volume 4 Nomor 2 2009

ISSN 1907-5367



9 771907 536770

- ✓ TINJAUAN RENCANA PEMBANGUNAN INDUSTRI BESI BAJA DI KALIMANTAN SELATAN
- ✓ KOMODITAS EKONOMI PADA LINGKUNGAN ENDAPAN BATUBARA
- ✓ SUMUR INJEKSI MT- 6 DI LAPANGAN PANAS BUMI MATALOKO, KABUPATEN NGADA NUSA TENGGARA TIMUR



Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral
Badan Geologi
Pusat Sumber Daya Geologi

PENGANTAR REDAKSI

Buletin Sumber Daya Geologi kembali hadir pada **Volume 4 Nomor 2 Tahun 2009**, dengan sajian berbagai makalah ilmiah tentang kajian, tinjauan maupun berbagai hasil penelitian/penyelidikan sumber daya mineral, batubara, gambut, bitumen padat dan coalbed methan serta panas bumi.

Penerbitan buletin ini tidak semudah yang dibayangkan, hambatan teknis dan terutama non teknis selalu saja menerpa, namun, walaupun demikian, apapun... hambatannya tim yang solid berusaha untuk tetap menerbitkannya.

Para pembaca yang setia, kembali seperti biasa, buletin kita ini, diterbitkan untuk menjadi ajang mengasah dan berlatih menulis bagi siapa saja, tidak hanya dilingkungan Pusat Sumber Daya Geologi, tapi kami menerima tulisan dari luar lingkungan Pusat Sumber Daya Geologi.

Para Editor dan Dewan Redaksi yang tentu sangat handal, berpengalaman dan tentu jam terbang yang sudah cukup lama di bidangnya masing-masing, siap membantu memberikan masukan dan menyempurnakan tulisan anda. Dan perlu dicatat, tidak ada niat dan maksud kami untuk mempersulit pemuatan karya tulis yang anda buat, koreksi dan penyempurnaan, semata-mata untuk membantu tulisan lebih memiliki arti serta layak untuk dimuat dan dibaca banyak orang.

Memasuki tahun 2009, mari bersama-sama mewujudkan tekad untuk terus berlatih, berani mencoba dan bersemangat membuat karya tulis. Kepada penulis yang telah menyumbangkan karya tulisnya, redaksi mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya. Semoga Buletin Sumber Daya Geologi ini terus terbit dengan karya yang bermutu.

SIAPA BERANI MENULIS

Salam hangat
Dewan Redaksi

Penanggungjawab

Kepala Pusat Sumber Daya Geologi

Wakil Penanggungjawab

Kepala Bidang Informasi

Dewan Redaksi

Penanggungjawab Redaksi

Calvin Karo-Karo Gurusinga

Redaktur

Denni Widhiyatna

Rina Wahyuningsih

Fredy Nanlohi

Teuku Ishlah

Kusdarto

Raharjo Hutamadi

Editor

Bambang Tjahjono S.

Bambang Pardiarto

Herudiyanto

Dedi Amarullah

Sekretariat

Nandang Sumarna

Ella Dewi Laraswati

Wiwi Resmiasih

Komaruddin

Retno Lestari Rahmawati

Lili

Redaksi menerima makalah dari dalam maupun dari luar lingkungan Pusat Sumber Daya Geologi. Makalah hendaknya berkaitan dengan sumber daya geologi secara khusus atau geologi umum. Makalah ditulis dalam format Microsoft Word dengan single spasi, maksimum 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, 022-5202698, Fax. 022-5206263,

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

Email : sismin@dim.esdm.go.id

DAFTAR ISI

MAKALAH ILMIAH

- 1-9** TINJAUAN RENCANA PEMBANGUNAN INDUSTRI BESI BAJA
DI KALIMANTAN SELATAN
Oleh : Bambang Pardiarto
- 11-21** POTENSI BIJIH BESI INDONESIA
DALAM KERANGKA PENGEMBANGAN KLASTER INDUSTRI BAJA
oleh : Teuku Ishlah
- 23-35** TINJAUAN EMAS EPITERMAL PADA
LINGKUNGAN VOLKANIK
Oleh: Eddy Sumardi
- 37-45** KOMODITAS EKONOMI
PADA LINGKUNGAN ENDAPAN BATUBARA
Oleh: SS Rita Susilawati dan Sabtanto Joko Suprpto
- 47-58** ENDAPAN BATUBARA DI WILAYAH
AIR LANAN GHINGGA GUNUNG PAYUNG KECAMATAN PUTRI HIJAU
KABUPATEN BENGKULU UTARA PROVINSI BENGKULU
Oleh : Ridwan Arief
- 59-68** SUMUR INJEKSI MT- 6
DI LAPANGAN PANAS BUMI MATALOKO,
KABUPATEN NGADA NUSA TENGGARA TIMUR
Oleh : SUPARMAN

KAMUS **69**

Oleh : Penny

TOKOH **71**

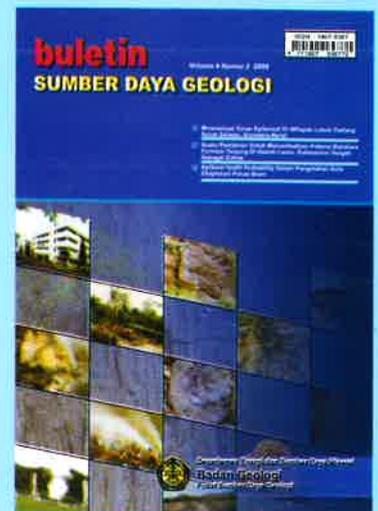
Oleh : Penny

GALERI FOTO **74**

Oleh : Wiwi Resmiasih

PEDOMAN PENULISAN KARYA TULIS ILMIAH **79**

Oleh : Redaksi



TINJAUAN RENCANA PEMBANGUNAN INDUSTRI BESI BAJA DI KALIMANTAN SELATAN

Oleh :
Bambang Pardiarto
Perekayasa Madya
Pusat Sumber Daya Geologi

SARI

Kebutuhan bahan baku bijih besi untuk membuat baja di Indonesia terutama oleh industri strategis nasional PT. Krakatau Steel (KS), hampir seluruhnya masih diimpor dari negara lain berupa pelet dalam jumlah yang cukup besar. Indonesia dengan kepulauannya memiliki sumber daya alam yang kaya. Salah satunya adalah potensi bijih besi yang keprospekannya terinventarisasi di Kalimantan Selatan. Total sumberdaya diperkirakan sekitar 500 juta ton. Mutu bijih besi didaerah ini cukup untuk diproses lebih lanjut dalam *iron making* dengan keluaran untuk pasokan *steel making plant*. Bijih besi lokal yang selama ini belum dimanfaatkan bagi industri nasional dapat digunakan oleh PT. KS setelah melalui tahapan proses pengolahan diantaranya pemecahan & pengayakan, benefisiasi dan *pelletizing/sintering*. Proses pengolahan bijih besi lokal mulai dari penambangan, benefisiasi hingga *pelletizing* akan memberikan *cost saving* yang akan berkontribusi terhadap penurunan biaya bahan baku. Hal-hal tersebut menjadi pertimbangan terhadap rencana pembangunan industri besi-baja di Kalimantan Selatan yang merupakan upaya menuju kemandirian industri strategis nasional berbasis bahan baku lokal.

ABSTRACT

The demand of iron ore raw material for the steel making in Indonesia particularly in national strategic such as PT. Krakatau Steel are mostly imported from other countries as pellets in huge amount. Indonesia's archipelago rich in natural resources. One of these is potency of iron ore which is located in South Kalimantan. Total resources are approximately 500 M ton. The quality of iron ore is enough to be advance processed in iron making with output to supply of steel making plant. Local iron ores that have not been utilized for the national industries can be used by PT. Krakatau Steel after following stage of manufacture processing such as splitting and sieving, beneficiation and palletizing/sintering. The manufacture processing local iron ore from mining, beneficiation until palletizing give cost saving that will contribute to decreasing of raw material fee. That's all would become consideration to development plan of iron-steel industry in South Kalimantan as expedient to steer for strengthen national strategic industry based on local raw material.

PENDAHULUAN

Kebutuhan bahan baku bijih besi untuk membuat baja di Indonesia terutama oleh industri strategis nasional PT. Krakatau Steel (KS), hampir seluruhnya masih diimpor dari negara lain berupa pelet dalam jumlah yang cukup besar. Hal ini karena spesifikasi bijih besi yang ada di Indonesia masih dianggap belum cocok untuk digunakan sebagai bahan baku bagi industri besi baja nasional. Kondisi ini mengakibatkan berkurangnya devisa negara dan kurang kokohnya fundamental industri baja tersebut karena besarnya ketergantungan bahan baku impor.

Dalam industri baja nasional untuk pemanfaatan bijih besi lokal masih banyak permasalahan teknis yang dihadapi khususnya

dalam hal kesesuaian sifat kimia dan fisiknya. Hal ini telah memacu upaya pemanfaatannya untuk terus dilanjutkan sehingga akan meningkatkan kemandirian industri baja dalam negeri. Mengingat jenis bijih besi untuk bahan baku pembuatan besi-baja terkait dengan jalur proses maupun jenis produknya, maka upaya pemanfaatan bijih besi harus dikaji secara lengkap mulai dari proses hulu sampai hilir dan jenis produk akhir yang akan dihasilkan (Pramusanto, dkk., 2003).

Berkaitan dengan pengembangan industri besi-baja nasional terdapat dua hal penting sebagaimana disampaikan oleh wakil presiden RI dalam memberikan arahan pada sebuah acara simposium nasional tahun 2006 yaitu sebagai berikut:

1. Ekspansi PT. KS diarahkan pada pembangunan pabrik besi-baja baru di Kalimantan Selatan.
2. Strategi pengembangan industri besi baja disesuaikan dengan aspek kedekatan dengan bahan baku bijih besi dan sumberdaya batubara serta gas di kawasan tersebut.

Tulisan ini dimaksudkan sebagai evaluasi secara menyeluruh dari berbagai aspek berkaitan dengan rencana pemerintah tentang program pembangunan industri besi-baja di Kalimantan Selatan dalam upaya menuju kemandirian industri strategis nasional berbasis bahan baku lokal.

KONDISI UMUM

A. Baja dan bahan bakunya

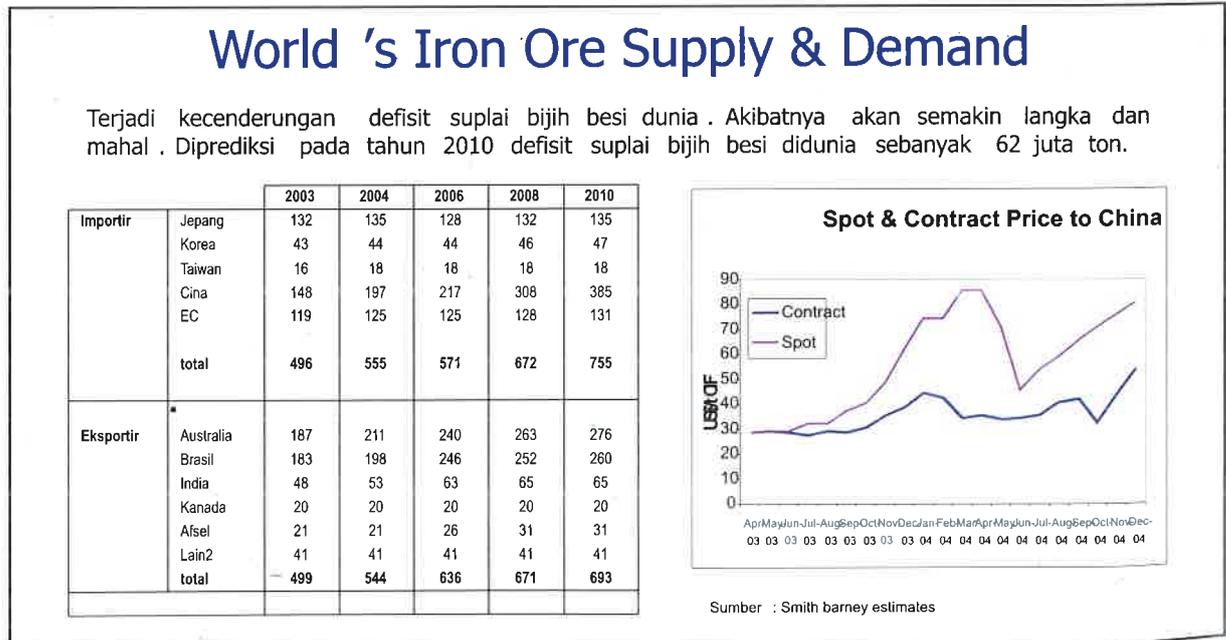
Untuk menjamin kelancaran proses industri besi baja di PT. KS saat ini serta rencana pengembangan kapasitas produksi dimasa mendatang, perlu dukungan penyediaan bahan baku bijih besi dalam jumlah yang cukup dan harga yang kompetitif. Sampai saat ini kebutuhan bijih besi nasional masih diimpor dari luar negeri seperti dari Brazil, Peru, Canada dan lainnya.

Persaingan dalam industri besi baja mendatang akan semakin ketat yang diperkirakan hanya industri besi baja yang memiliki akses ke sumber bahan baku yang akan mampu bersaing.

Kebutuhan bahan pembuatan besi baja hampir semua terdapat di Indonesia dalam jumlah yang cukup banyak antara lain sebagai berikut :

- Bijih besi, sebagai sumber Fe terdapat di Kalimantan, Sulawesi, Papua, Jawa dan Sumatera.
- Batubara, sebagai sumber energi dan reduktor terdapat di Sumatera dan Kalimantan.
- Gas alam, sebagai sumber energi dan reduktor terdapat di Jawa, Sumatera, Kalimantan dan Papua
- Alloying, sebagai paduan baja seperti mangan, nikel, khrom, tembaga, silikon, titan, terdapat di Sulawesi, Papua, pantai selatan Jawa dan lainnya.
- Kapur dan dolomit, sebagai bahan flux terdapat di Jawa, Kalimantan Selatan dan lainnya.

Dari potensi yang ada baru sebagian kecil bahan tambang tersebut yang dimanfaatkan untuk kebutuhan industri besi-baja di Indonesia. Dalam perkembangan global diperkirakan akan terjadi kecenderungan defisit pasokan bijih besi dunia yang mengakibatkan keberadaan bijih besi semakin langka dan mahal harganya. Pada tahun 2010 diperkirakan terjadi defisit pasokan bijih besi didunia sebanyak 62 juta ton sebagaimana terlihat pada Gambar 1 .



Gambar 1. Perkiraan defisit pasokan bijih besi tahun 2010 (Sobandi, 2005)

Untuk mengantisipasi keadaan tersebut maka diperlukan semangat dan dukungan dari semua pihak seperti pemerintah daerah, industri, lembaga penelitian, perguruan tinggi, pengusaha, pemerintah dan khususnya PT. KS (mulai dari bagian teknologi, produksi, logistik sampai ke SDM) sehingga pemanfaatan bahan baku lokal bisa dimanfaatkan secara maksimal untuk pengembangan industri besi baja nasional (PTKS).

B. Impor

Impor baja atau besi melonjak tajam dari 4,1 juta ton pada tahun 2007 menjadi 10 juta ton pada tahun 2008. Kondisi ini menimbulkan dampak berupa kegoncangan industri baja atau besi nasional. Hampir selama beberapa bulan industri baja dan besi nasional terpuruk dihantam produk impor baik legal maupun ilegal. Utilisasi 300 industri baja atau besi nasional baru mencapai 20-40%. Kebijakan impor sangat diperlukan untuk meningkatkan utilisasi normal yang mencapai 80%. Data Badan Statistik Nasional menunjukkan kenaikan impor bahan baku baja melonjak tajam. Selama Januari Oktober 2008 impor baja naik 124 % dari periode yang sama tahun 2007, dengan nilai naik dari US\$ 4.52 miliar menjadi US\$ 10,149 miliar. Impor baja harmonize system (HS) 72 naik 120% terhadap tahun 2007 dengan nilai US\$ 7,399 miliar. Baja dengan kategori nomor HS 72 umumnya merupakan baja dengan bahan baku berupa bijih besi, billet dan scrab (Nuryanti, 2008)

C. Prakiraan kebutuhan pelet dan bijih besi PT Krakatau Steel

Untuk mendukung operasi fasilitas yang tersedia tahun 2005-2012 dan program perluasan tahun 2013, maka PT. KS memerlukan pasokan bijih besi mencapai 23,5 juta ton (Tabel 1). Sementara ini pasokan pelet datang dari luar negeri. Untuk menjamin peningkatan kebutuhan pelet, maka PT. KS akan membangun pelletizing plant untuk memenuhi permintaan sumber dalam negeri.

Tabel 1.
Kebutuhan bahan baku PT. Krakatau Steel
(Sobandi 2005).

Tahun	Kapasitas PTKS (juta ton)	Kebutuhan pelet/ konsentrat (juta ton)	Bijih Besi (Fe~40%, Rec ~75%)
2005	2,4	2,6 (p)	5,7
2013	10	10,5 (k)	23,5

PERSIAPAN PEMBANGUNAN INDUSTRI IRON MAKING PT. KRAKATAU STEEL DI KALIMANTAN SELATAN

Tahap persiapan ini meliputi berbagai aspek diantaranya aspek strategi pengembangan industri iron making, kajian potensi bahan baku dan kelayakan serta lokasi proyek.

1. Strategi pengembangan industri iron making.

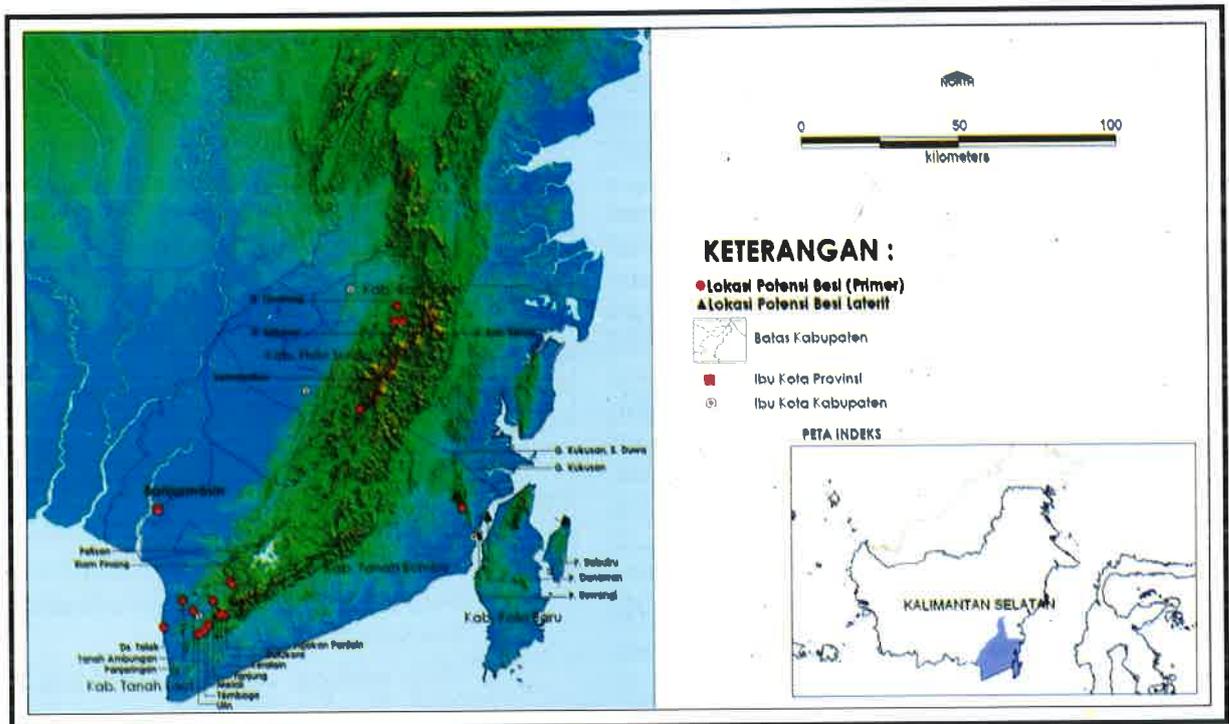
Dalam pengembangan industri iron making di Kalimantan terdapat pertimbangan dua tahap proyek yaitu jalur normal dan jalur quick win

- a. Jalur normal, pengembangan industri iron making, pelletizing plant bersekala besar dengan kapasitas 1-2 juta ton/tahun. Jalur ini memerlukan hal-hal sebagai berikut :
 - Memperoleh Kuasa Pertambangan (KP) bijih besi baik sendiri maupun melalui mitra strategis.
 - Membutuhkan waktu yang panjang karena banyak kegiatan yang dilakukan meliputi eksplorasi, pembangunan pertambangan dan pabrik.
 - Membangun infrastruktur baru sendiri
 - b. Jalur quick win, pengembangan pabrik iron making sekala kecil dengan kapasitas + 300 ribu ton/tahun, biaya investasi Rp. 596 milyar dengan mitra PT. Antam, Tbk. Jalur ini mempunyai keuntungan sebagai berikut :
 - Pembangunan dapat direalisasikan dalam waktu cepat
 - Hasil produksi berupa sponge iron yang akan diolah lebih lanjut dengan fasilitas existing yang ada di Cilegon.
 - Memanfaatkan infrastruktur dan pemasok yang telah ada di Kalimantan Selatan.
- 2. Kajian potensi bahan baku**
- a. Survey potensi bijih besi .
 - Proyek memerlukan bahan baku bijih besi dan material pendukung yang terdiri atas bentonit, dolomit dan batugamping. Material pendukung ini juga terdapat di Kalimantan Selatan.
 - Indonesia dengan kepulauannya memiliki sumber daya alam yang besar. Salah satunya adalah potensi bijih besi yang keprospekannya telah terinventarisasi di Kalimantan Selatan. Data Neraca Sumber Daya Mineral tahun 2008 menunjukkan total potensi sumberdaya bijih besi laterit dan primer diperkirakan sekitar 500 juta ton.

- Potensi endapan bijih besi tersebar dalam enam kabupaten di Kalimantan Selatan seperti di P. Suwangi-Kotabaru, Gunung Kukusan-Tanah Bumbu, Plaihari-Tanah Laut, Batu Berani-Balangan, Purui-Tabalong dan lainnya. (Gambar 2). Mutu bijih besi didaerah ini cukup untuk diproses lebih lanjut dalam iron making dengan keluaran untuk pasokan steel making plant. Komposisi kimia bijih besi terutama Fe total pada jenis bijih laterit mempunyai kadar 40-56 %, sedangkan untuk bijih primer berkadar 30-63 %. (Tabel 2):

- b. Survey pemasok bahan baku bijih besi.

Hasil survey berupa pemetaan dan seleksi terhadap pemilik KP yang siap memasok bahan baku dengan calon pemasok potensial adalah PT. SILO (Sebuku Iron Laterite Ore) dengan lokasi pertambangan di Pulau Sebuku, Kotabaru dan PT. Yiwon Mining dengan lokasi pertambangan Gunung Kukusan, Tanah Bumbu.



Gambar 2. Peta sebaran bijih besi di Kalimantan Selatan

Tabel 2.
Komposisi kimia (%) bijih besi di Kalimantan Selatan.

Tipe bijih	Fe tot	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	P	S	Ni	LOI
Laterit	40 - 56	3 - 12	0, 5 - 2	0, 5 - 2	5 - 13	1 - 2, 5	0,05 - 0, 1	0,05 - 0, 1	0,15 - 0,25	5 - 15
Metasomatik (Magnetit & Hematit)	30 - 63	3 - 15	0, 5 - 2	0, 5 - 2	2 - 15	< 0, 1	< 0, 1	< 0, 1	-	< 2

3. Kajian kelayakan dan lokasi proyek

Berdasarkan kajian bankable studi kelayakan (FS) oleh konsultan pihak ketiga disimpulkan bahwa proyek secara ekonomis layak untuk diajukan dengan indikator kelayakan sebagai berikut:

NPV = Rp 235,6 milyar

IRR = 20,03%

Payback period= 6 tahun 10 bulan

Namun demikian penyelesaian bankable FS masih menunggu kepastian jaminan pasokan bahan baku. Sedangkan preferensi lokasi pabrik adalah di Kawasan Pengembangan Ekonomi Terpadu (KAPET) Batu licin, Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan.

PROSPEK INVESTASI

1. Peluang kerjasama

Produksi baja kasar dunia terus meningkat dimana pada tahun 2000 total kapasitas produksi baja dunia mencapai 850 juta ton dan telah mencapai 1.000 juta ton pada tahun 2004. Konsekwensinya industri baja akan membutuhkan bahan baku yang sangat besar dimasa mendatang. Proses untuk menghasilkan produk baja yang dimulai dari bijih besi melalui beberapa tahap yaitu penambangan, chrushing/grinding, benefisiasi, pelletizing, iron making dan steel making (Gambar 3)

- Inventarisasi sumber daya bijih besi di Indonesia memberikan pilihan strategy untuk industri baja Indonesia dalam memenuhi kebutuhan bahan bakunya dari sumber dalam negeri.
- Sehubungan industri baja adalah sebagai industri padat modal, ketersediaan keuangan sebagaimana kemampuan teknik menjadi penentu utama untuk kesuksesan proyek. Pemerintah Indonesia mencari investor strategis yang tertarik membentuk kerjasama dengan PT. KS untuk membangun benefisiasi, pelletizing dan Hot Briquette Iron (HBI) plant di Kalimantan Selatan. Kapasitas pabrik yang ditawarkan adalah sebagai berikut:
 1. Kapasitas 2 juta ton / tahun untuk benefisiasi bijih besi dan pelletizing
 2. Kapasitas 1 juta ton / tahun untuk benefisiasi bijih besi dan HBI plant.

Kerjasama tersebut mempunyai ruang lingkup pemanfaatan bijih besi lokal dengan skema kerjasama sebagaimana terlihat pada Gambar 4.

Secara ringkas proyek industri besi-baja di Kalimantan Selatan dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Nama Proyek : South Kalimantan IronOre Benefication Pelletizing & HBI Plant
- Kapasitas : 2 jt/thn Iron Ore Pellet & 1 jt/thn HBI
- Bahan Baku : Iron Ore & material lain
- Produk : Iron Ore Pellet (Direct Reduction Grades) & HBI
- Pasar : PT Krakatau Steel
- Scope proyek : Beneficiation, Pelletizing, and HBI Plant

Adapun skema bisnis yang ditawarkan sehubungan dengan kerjasama tersebut seperti tercantum dalam Tabel 3.

Pembangunan industri besi baja khususnya pelletizing plant dengan berbasis bahan baku lokal, maka hitungan secara ekonomi akan sangat menghemat dalam biaya pengadaan pelet besi. Sebagai contoh untuk harga pelet besi yang diimpor oleh PT. KS berkisar antara US\$114-140/ton, sedangkan jika dengan membangun industri berbasis bahan baku lokal mencapai harga US\$47/ton (Tabel 4). Pembangunan pabrik pelet kapasitas 2 juta ton /tahun akan didapat laba US\$25/ton atau sekitar US\$50 juta/tahun, sehingga biaya investasi pabrik pelet US\$50 juta segera kembali dalam waktu setahun.

2. Perkembangan investasi

Program pemerintah untuk industri baja di Kalimantan Selatan telah mengundang minat para investor untuk penanaman modal di wilayah ini. Selain industri nasional PT. Krakatau Steel (KS), juga terdapat tiga perusahaan nasional yang akan berinvestasi dalam industri baja di Kalimantan Selatan yaitu PT. Meratus Jaya Iron & Steel (MJIS), PT. Mandan Steel (MS) dan PT. Semeru Surya Steel (SSS). Ketiga perusahaan tersebut berkomitmen akan memproduksi pada tahun 2010. PT. MS telah berhasil mengolah bahan baku baja jenis iron ore menjadi baja jenis scrab dan billet lewat uji laboratorium, dimana bahan bakunya telah diimpor sebanyak 2 juta ton dari PT. Yiwon Mining. PT. MS berencana menginvestasikan sebanyak US\$500 juta dengan kapasitas 500.000 ton scrab dan billet. Sedangkan PT. SSS akan berinvestasi sebanyak US\$ 1 miliar, sementara PT. MJIS akan berinvestasi sebanyak US\$600 juta dengan kapasitas 300.000 ton (Fauzi, 2008).

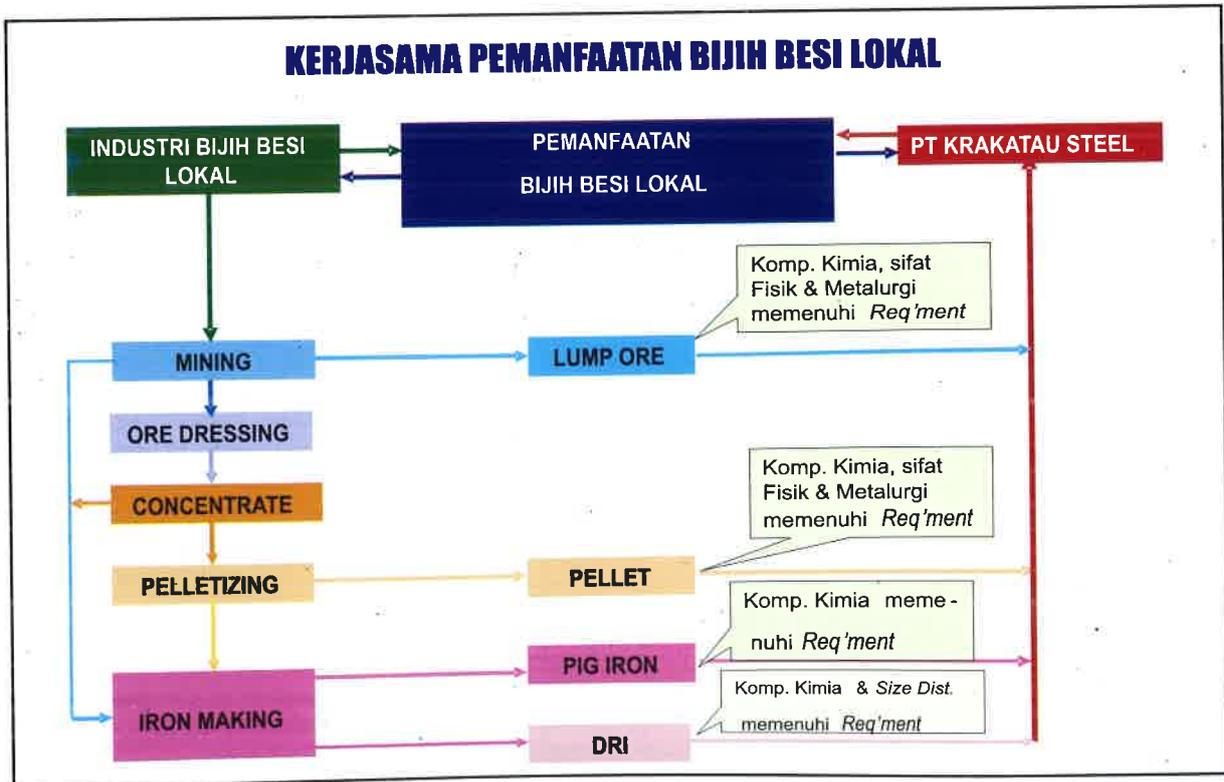
PT. MJIS merupakan perusahaan patungan

antara PT. KS (65%) dengan PT. Aneka Tambang, Tbk. (35%) untuk mengolah bijih besi di Kalimantan Selatan. Proyek ini diharapkan menjadi tahap awal dari pengembangan industri baja yang terintegrasi yaitu mulai dari penambangan bijih besi sampai produksi besi batangan dikawasan tersebut. Pada tahap awal

akan dibangun pabrik pengolahan bijih besi berkapasitas 315.000 ton/tahun dengan produk akhir berupa besi spons sebagai bahan baku pengolahan baja PT. KS di Cilegon, Banten. Rencana produksi ditargetkan tahun 2010. Pada tahap awal bahan baku yang diperlukan diambil dari produsen bijih besi.



Gambar 3. Tahapan proses pembuatan baja (Sobandi, 2005)



Gambar 4. Skema kerjasama pemanfaatan bijih besi lokal (Sobandi, 2005)

Tabel 3.
Penawaran usulan proyek PT. Krakatau Steel (Sobandi, 2005)

No	Projects	Project Owners	Business Scheme
I.	MINING	PT KS + EquityJV	
	1. Iron Ore	Investor	+
	2. Coal		Off-take
	3. Lime Stone		Agreement by PT.KS
II.	PLANTS	PT KS	Wholly-owned company
	1. Beneficiation		
	2. Pelletizing		
	3. DR-Rotary Kiln		
III.	INFRASTRUCTURE	Equity Investor	Off-take agreement
	1. Harbour		
	2. Power Plant		
	3. Water		
	4. Transportation		

Tabel 4.
Perbandingan biaya pengadaan pelet besi (Sobandi, 2005)

Analisa Biaya

Perbandingan biaya Iron Ore Pellet (USD/ton)

Tahapan Proses	China	Mexico	PTKS Impor	PTKS Prospek	PTKS Prospek BB Lokal
Mining ~ Konsentrat	28	25	-	41 (impor konsentrat)	30
Pelletizing	10	10	-	10	10
Freight	-	20	-	10 (dari Australia)	7
CNF	38	45	114 - 140 (kontrak) (*) 140 - 200 (pasar spot)	61	47

(*) Setelah naik 86% per Maret 2005

Industri baja terintegrasi pada sisi hulu akan berupa penguasaan pertambangan bijih besi, sedangkan ekspansi kehilir berupa pabrik yang memproduksi billet (baja kasar) sampai produk batangan. Untuk mencapai skala ekonomis maka diharapkan berkapasitas 1 juta ton/tahun dengan perkiraan investasi yang diperlukan mencapai US \$ 600 juta. Pendanaan ini belum termasuk pengembangan infrastruktur seperti pelabuhan, penyuplai air, pembangkit listrik sampai jalan darat.

KENDALA YANG DIHADAPI

Terdapat dua aspek yang menjadi masalah dalam pembangunan industri iron making di Kalimantan Selatan yaitu jaminan pasokan dan legalitas pasokan.

a. Jaminan pasokan

Komitmen jumlah, jangka waktu dan kualitas pasokan dari calon pemasok belum memenuhi kebutuhan yang dipersyaratkan proyek dengan rincian sebagai berikut: (Tabel 5)

b. Legalitas pasokan

Dari kegiatan eksplorasi bijih besi yang sudah dilakukan oleh beberapa perusahaan pemegang izin usaha pertambangan di Kalimantan Selatan menunjukkan bahwa metodologi eksplorasi, perencanaan penambangan dan AMDAL sebagian besar belum memenuhi good mining practice, sebagaimana yang telah diatur dalam Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral. Disamping itu lokasi Kuasa Pertambangan (KP) bijih besi di Kalimantan Selatan sebagian berada di kawasan hutan negara yang meliputi hutan produksi, hutan lindung dan cagar alam.

LANGKAH-LANGKAH TINDAK LANJUT

Munculnya kendala dalam upaya membangun industri iron making sebagaimana yang di-jelaskan sebelumnya telah memicu upaya dalam bentuk langkah-langkah tindak lanjut untuk menyikapi permasalahan yang dihadapi antara lain sebagai berikut (Deperind, 2005):

a. Mendapatkan jaminan pasokan bahan baku : agar Bupati Tanah Bumbu dan Kotabaru dapat mendorong para calon pemasok (PT. SILO dan PT. Yiwan Mining) untuk bersedia memenuhi kebutuhan pasokan untuk proyek PT. KS baik jumlah, kualitas maupun jangka waktu pasokan.

b. Mendapatkan pemenuhan legalitas bahan baku : agar Departemen ESDM, Bupati Tanah Bumbu dan Kotabaru dapat memastikan calon pemasok untuk memenuhi aspek legalitas dalam kegiatan pertambangan seperti metoda eksplorasi, perencanaan tambang, AMDAL dan studi kelayakan. Agar Departemen Kehutanan memfasilitasi perizinan pemakaian kawasan hutan.

c. Pengendalian dan pelarangan ekspor bijih besi. Agar Departemen Perdagangan dibantu oleh Deperind dan DESDM dapat menyiapkan kebijakan tata niaga ekspor bijih besi baik berupa pengawasan ekspor, penetapan pungutan ekspor (PE) maupun pelarangan ekspor.

d. Pemberian KP bijih besi : Untuk pengembangan proyek PT. KS jangka panjang pada jalur normal diharapkan Gubernur dan Bupati di-wilayah Kalimantan Selatan dapat menyediakan konsesi KP bijih besi untuk PT. KS.

Tabel 5. Kendala jumlah, kualitas dan jangka waktu pasokan bijih besi

Item	Kebutuhan proyek	Kesanggupan calon pemasok
Kualitas	Kadar Fe > 57%	Kadar Fe : 52 – 54%
Jumlah	600.000 ton/tahun	360.000 ton/tahun
Jangka waktu jaminan pasokan	20 tahun	5 tahun

PENUTUP

1. Salah satu langkah strategis dalam meningkatkan corporate value PTKS adalah menurunkan biaya bahan baku serta mendapatkan jaminan pengadaannya dengan harga kompetitif. Hal ini bisa dicapai dengan cara memanfaatkan bijih besi lokal, maupun dengan membangun pabrik pelet berbahan baku bijih besi murah baik dari lokal maupun impor dari negara terdekat seperti Australia dan India.
2. Bijih besi lokal yang selama ini belum dimanfaatkan bagi industri nasional dapat digunakan oleh PTKS setelah melalui tahapan proses pengolahan diantaranya pemecahan & pengayakan, benefisiasi, pelletizing/sintering.
3. Terdapat berbagai teknologi proses yang diperlukan untuk mengolah bijih besi lokal yang dapat dipilih sesuai dengan karakteristik bijih besi lokal,
4. PTKS merupakan pasar yang potensial bagi industri pengolahan bijih besi nasional.
5. Skema bisnis yang mungkin dilakukan adalah off take produk yang sesuai spesifikasi teknis/requirement sesuai harga pasar, dan atau melalui usaha joint venture.

SARAN

1. Untuk mengamankan jaminan suplai dan mendapatkan bahan baku dengan harga yang murah, PTKS perlu segera membangun pabrik pelletizing dengan memanfaatkan bijih besi lokal maupun dengan mendatangkan konsentrat dari luar. Proses pengolahan bijih besi lokal mulai dari penambangan, benefisiasi hingga pelletizing akan memberikan cost saving yang akan berkontribusi terhadap penurunan biaya bahan baku..
2. Untuk memanfaatkan fine pellet di PT. Krakatau Steel agar membangun unit pembuatan pelet kapasitas 300 ribu ton /tahun, sehingga disamping menyelesaikan masalah keberadaan limbah fine pellet juga akan memberikan tambahan ketersediaan bahan baku pelet.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada tim editor khususnya Dr.Ir.Bambang Tjahyono, S., MSc, yang telah memberikan masukan dan koreksinya dan Ir. Dwi Nugroho, S., atas sumbangan gambar grafis dalam tulisan ini.

ACUAN

-, 2008. Neraca sumber daya mineral Tahun 2008, Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi, Bandung.
-, 2006. Perkembangan rencana pembangunan industri iron making di Kalimantan Selatan, Laporan Menteri Perindustrian pada Simposium Nasional Pengembangan Industri Baja : Masa depan dan tantangannya, Departemen Perindustrian, Jakarta 23 Maret 2006.
- Fauzi, A.W., 2008. Harga baja turun, investasi baja tetap berlanjut, Kontan on line, 30 Oktober 2008
- Nurmayanti, 2008. Membendung impor baja, pemerintah bakal seleksi importir baja, Kontan on line, 4 Desember 2008.
- Pramusanto, Tanjung, F., Koesnohadi, Mulyono, D., Satrio, M.A., Sobandi, A., 2003, Potensi besi lokal untuk meningkatkan kemandirian industri baja nasional, Puslitbang Teknologi Mineral, Bandung - PT. Krakatau Steel, Cilegon.
- Sobandi, A., 2005. Pemakaian bahan baku lokal pada pembuatan besi di PT. Krakatau Steel, Divisi Riset Pengembangan dan Konservasi Energi, PT. Krakatau Steel.

POTENSI BIJIH BESI INDONESIA DALAM KERANGKA PENGEMBANGAN KLASTER INDUSTRI BAJA

oleh :
Teuku Ishlah
Perekayasa Madya
Bidang Program dan Kerjasama
Pusat Sumber Daya Geologi

SARI

Indonesia memiliki industri baja yang bahan bakunya tergantung pada impor dari Swedia dan Brazil. Untuk mengurangi ketergantungan dengan bahan baku impor, bijih besi yang terdapat di dalam negeri perlu ditambang dalam memenuhi kebutuhan dalam negeri dengan bentuk perusahaan yang mampu memperoleh keuntungan, mampu menghidupi karyawan dengan layak, dan keberlanjutan usaha yang menyatu dalam wadah klaster industri baja yang saling terkait dan saling menguntungkan. Hal ini sangat diperlukan agar potensi bijih besi yang terdapat di Indonesia yang keterdapatannya tersebar berjauhan satu sama lain, pada kondisi geologi yang ditempati oleh batuan ultrabasa dan endapan pantai (pasir besi), kadar rendah-sedang, berukuran kecil, dan dapat diolah sehingga memberikan kontribusi untuk kemajuan industri baja dalam negeri. Dengan klaster industri baja, penambangan bijih besi diharapkan dapat berkembang dengan pola penambangan yang benar (goodmining practice).

ABSTRACT

Indonesia has steel industry which raw materials depend on the import from Sweden and Brazil. In order to decrease the imported raw materials, the Indonesia iron ores have to be mined by companies which are able to get profit and to give feasible income for employee and sustainable business in steel industry cluster. This condition needs small iron ore potential of Indonesia to be exploited, so this can contribute for domestic steel industry progress. With the steel industry cluster, iron mining companies are hopefully to can be developed with good mining practice.

1. Pendahuluan

Rekayasa prasarana dan sarana sistem industri umumnya, industri baja khususnya diperlukan sehingga memungkinkan sinergi antar pelaku industri baja dari hulu hingga hilir dan peningkatan nilai tambah sehingga mempunyai daya saing tinggi dan mampu mendukung industri-industri andalan pada masa depan. Pengembangan industri baja berbasis klaster merupakan pilihan terbaik yang diharapkan mampu meningkatkan daya saing. Oleh karena itu, sebagai langkah awal diperlukan proses diagnosa secara partisipatif, dan khusus untuk Indonesia sangat diperlukan klaster industri baja. Hal ini diperlukan dengan alasan mengingat endapan bijih besi yang ditemukan di Indonesia, sebagian besar termasuk dalam kelas sumber daya hipotetik, terpenjar-pencar berjauhan, tersebar dengan ukuran kecil dengan kadar unsur besi termasuk rendah-sedang serta kegiatan eksplorasi sangat terbatas dan tidak diminati oleh pihak perusahaan pertambangan.

Permintaan dunia yang tinggi terhadap bahan baku baja dan bijih besi telah mengakibatkan

kesulitan untuk mendapatkan bahan baku baja dan bijih besi di pasar dunia sehingga perlu diupayakan untuk mengolah potensi sumber daya mineral yang terkait dengan baja secara mandiri dalam mendukung pengembangan industri baja. Kebutuhan dalam negeri atas produk baja sangat tinggi, diantaranya untuk mendukung pembangunan kilang bahan bakar minyak, dalam rangka meningkatkan produksi bahan bakar minyak dalam negeri. Sebagaimana diketahui bahwa produksi bahan bakar minyak dari kilang belum optimal dalam pemenuhan kebutuhan dalam negeri, yang disebabkan oleh rendahnya kapasitas/kilang produksi dan atau tidak terpenuhinya kualitas standar yang diinginkan. Industri minyak dan gas bumi memerlukan produk pipa untuk "welded pipe" dan "seamless pipe", pembangunan kilang, pendirian anjungan (platform) lepas pantai dan sebagainya. Untuk itu diperlukan upaya bersama untuk menyusun strategi dalam mengantisipasi tantangan dalam era global dalam bentuk pengembangan industri baja berbasis klaster sehingga terpenuhinya "order qualifer" dan "order winner".

Dalam konsep "order qualifier", sebuah/sejenis produk yang akan dilempar kepasar harus mempunyai kualifikasi sebagai sesuatu produk bermerek, berharga, memiliki kemasan, purna jual, pelayanan (services) dan sebagainya. Bisa jadi, produk tersebut beragam mereknya, tentunya diperlukan pemilihan dan penilaian untuk kualifikasi yang sama dimiliki oleh merek-merek yang berbeda. Seandainya perusahaan pertambangan minyak dan gas bumi disodorkan pilihan untuk memilih satu dari 3 pipa baja yang berbeda merk (A,B, dan C), maka perusahaan tersebut pasti akan mencari tahu keunggulan pipa-pipa baja tersebut. Secara karakteristik, ketiganya mempunyai fungsi yang sama, mampu mengantarkan minyak bumi ke instalasi penyulingan maupun dari penyulingan ke pelabuhan dengan menggunakan mesin pompa yang sama. Tetapi ketika disuruh memilih, maka perusahaan akan berpikir, melakukan penilaian dan evaluasi tentang keunggulan-keunggulan dari pipa baja tersebut. Keunggulan yang dimiliki ini dikenal sebagai "order winner".

2. Klaster Industri Baja

Klaster merupakan salah satu konsep yang dipercaya mampu meningkatkan kompetensi sehingga dapat bersaing di tingkat global, dan telah dikembangkan dalam berbagai sektor termasuk dunia pendidikan. Oleh karena itu dalam rangka melakukan perekayasa (engineering) struktur industri diperlukan klaster industri. Terdapat beberapa konsep klaster yang dikemukakan dalam industri umumnya, dan juga dalam Konsep Aksi Pengembangan Industri Baja yang disusun oleh Departemen Perindustrian yang berkerja sama dengan PT Superintending Company of Indonesia Tbk (Sucofindo) dalam kajian Diagnosa Klaster Industri Baja. Klaster industri didefinisikan sebagai berikut :

1. Klaster industri merupakan aglomerasi perusahaan yang membentuk kerja sama strategis dan komplementer serta memiliki hubungan yang intensif.
2. Klaster industri sebagai sekumpulan perusahaan dan kelembagaan/institusi yang terkait pada bidang tertentu yang secara geografis berdekatan, berkerja sama karena kesamaan tujuan dan saling memerlukan
3. Klaster industri adalah jaringan produsen yang terdiri dari perusahaan-perusahaan yang independen dan kokoh yang terhubung satu sama lain dalam rantai nilai tambah produksi.

Menurut hasil studi tentang daya saing internasional di beberapa negara, Michael E. Porter (1998, dalam diagnosa klaster industri baja) menyimpulkan bahwa negara yang

memiliki wilayah dengan kandungan mineral yang melimpah, tanah yang subur, tenaga kerja yang murah dan iklim yang baik sebenarnya memiliki keunggulan bersaing lebih baik dibandingkan dengan negara/daerah yang tidak memiliki sumber daya mineral, tanah yang subur, tenaga kerja yang murah dan iklim yang baik. Kenyataannya keunggulan daerah atas sumber daya alam tidak mampu bertahan lama. Keunggulan daya saing suatu negara/daerah dapat bertahan lama di dalam percaturan ekonomi yang semakin mengglobal dan liberal bukanlah karena kandungan mineral, tanah yang subur tetapi negara/daerah tersebut mengkonsentrasikan dirinya pada peningkatan keahlian, keilmuan, teknologi, pembentukan intitusi, menjalin kerja sama dalam bentuk kemitraan, melakukan relasi bisnis dan memenuhi keinginan konsumen yang semakin beragam dan sulit untuk dipenuhi. Porter menyatakan bahwa keunggulan industri suatu daerah/negara, bukanlah dari kesuksesan individual tetapi merupakan kesuksesan kelompok perusahaan dengan dikembangkannya keterkaitan antar perusahaan dan institusi pendukung.

Sekelompok perusahaan dan institusi pada suatu industri di suatu daerah secara sinergis, disebut dengan klaster industri. Pada klaster industri, perusahaan yang terlibat terdiri dari perusahaan besar, perusahaan menengah dan perusahaan kecil, serta lembaga keuangan yang saling terkait secara vertikal maupun horizontal. Lebih jauh Porter melihat terjadinya pertumbuhan produktifitas yang tinggi, disebabkan interaksi yang saling kait mengkait yakni strategi dan struktur perusahaan, dan persaingan dari kondisi permintaan dan beberapa faktor lain, dan keterkaitan dengan industri pendukung, serta unsur pemerintah. Konsep ini dikenal sebagai model Diamond Porter.

Hanafi Wanubrata (2005) mengemukakan beberapa perspektif klaster yaitu penelusuran rantai nilai (value chain). Setiap perusahaan merupakan bagian yang melekat dari klaster. Kelompok industri sebagai mesin penggerak klaster, kompetensi inti, aliansi strategis dan membentuk platform daya saing kearah unggulan kompetitif yang berkelanjutan (sustainable competitive advantage). Perusahaan juga tidak menciptakan kompetisi yang berkelanjutan secara individual, melainkan secara bersama-sama dengan pihak lain dalam pengelolaan rantai pasok (supply chain management) sehingga persaingan terjadi dalam rantai pasok. Pengelolaan rantai pasok diperlukan karena perusahaan tidak menciptakan persaingan keuntungan sendiri tetapi bersama-sama dengan pihak lain dalam rantai pasok (supply chain).

Saat ini rantai pasok sangat penting dan menentukan, karena kecenderungan untuk dilakukan outsourcing atas pekerjaan yang tidak dimiliki dan tidak mampu dikerjakan oleh perusahaan. Namun proses-proses yang di-outsourcing oleh pemberi pekerjaan perlu dikendalikan. Kebanyakan pertambangan batubara, mineral dan migas saat ini termasuk di Indonesia melakukan outsourcing dalam proses penambangan, pengangkutan dan pengolahan. Demikian juga halnya dengan industri otomotif, 25% pekerjaan otomotif outsourcing ke pihak ketiga. I Nyoman Pujawan (2005) memberikan definisi bahwa manajemen rantai pasok (supply chain management) adalah koordinasi sistematis dan strategis dari fungsi-fungsi bisnis di dalam organisasi maupun antar organisasi untuk keperluan peningkatan kinerja jangka panjang bagi tiap organisasi maupun bagi rantai pasok (supply chain) secara keseluruhan. Dari aspek rantai pasok, manfaat kluster diantaranya penghematan waktu, mutu barang dan jasa meningkat, muncul kerja sama pengembangan produk, memotong ongkos untuk pengiriman dan pembagian investasi untuk sarana bersama.

Berdasarkan konsep kluster industri tersebut diatas, maka dikembangkan kluster industri baja yang diawali dengan inventarisasi pemangku kepentingan ("stakeholder") dalam industri baja, yakni:

1. Pelaku inti yaitu industri-industri yang mengolah bahan baku logam menjadi bahan setengah jadi, bahan jadi siap pakai yang dimulai dari hulu hingga hilir. Industri pelaku inti ini harus memperoleh keuntungan finansial, terjaminnya kesejahteraan karyawan dan kelanjutan produksi. Untuk kelanjutan produksi bahan baku, perusahaan perlu memperluas areal penambangan, memperluas jaringan dan melakukan eksplorasi endapan bijih besi pada areal baru sehingga terjamin persediaan bahan baku sesuai dengan kapasitas produksi dan umur pabrik.
2. Pelaku pendukung adalah industri dan institusi yang bersifat mendukung proses produksi dari pelaku inti yang menyediakan bahan baku, memasarkan produk olahan dan melakukan pengembangan-pengembangan lainnya seperti : pertama industri penyuplai bahan baku utama dan bahan baku pembantu proses produksi baja (iron making) yaitu perusahaan pertambangan bijih logam, pasir besi, batu gamping, perusahaan penambang batubara termasuk perusahaan perdagangan batubara dan pemasok bahan bakar minyak dan gas. Kedua, industri pemakai hasil produk baja seperti industri minyak dan gas

bumi, konstruksi bangunan, industri logam dan mesin, jembatan, kereta api, dan sebagainya. Industri pendukung tersebut akan berjalan dengan kinerja yang ditentukan berdasarkan kaidah keuntungan usaha, kesejahteraan karyawan dan kelanjutan usaha. Perusahaan-perusahaan tersebut akan unggul bila kualitas, harga, kecepatan dan fleksibilitas berjalan dengan sempurna. Juga harus dicegah terjadinya perselisihan antar pelaku kluster, pencemaran lingkungan dan penurunan keuntungan yang menyebabkan karyawan tidak sejahtera serta sukar dilakukan perluasan usaha.

3. Pemerintah adalah institusi yang menjadi katalisator bagi pengembangan kluster industri baja di Indonesia seperti Departemen Perindustrian, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Departemen Perdagangan, Departemen Koperasi dan Usaha Kecil Menengah, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, BUMN, Lembaga Metalurgi Nasional-LIPI dan organisasi yang sama pada tingkatan provinsi dan kabupaten/kota. Kebijakan yang dikeluarkan oleh lembaga pemerintah tersebut, akan mempengaruhi perkembangan kluster itu sendiri.
4. Lembaga keuangan yang menjadi anggota kluster ini juga harus berhasil dengan ciri-ciri adanya keuntungan finansial dan manfaat sosial. Keuntungan secara finansial adalah syarat mutlak bagi lembaga keuangan seperti perbankan dan keuntungan finansial ini tidak dapat dinegosiasikan.
5. Lembaga pelatihan untuk mendukung mutu sumber daya manusia terutama yang memberikan pelatihan teknologi industri baja, teknologi penambangan dan pengolahan bijih besi menjadi bahan baku baja.

Seluruh komponen yang terlibat dalam kluster industri baja, perlu membangun komitmen diantara pemangku kepentingan untuk mengembangkan kluster industri baja ke depan (Visi, Misi, Rencana Strategis, Rencana Aksi). Oleh karenanya diperlukan analisis lebih rinci tentang perilaku dan karakteristik perusahaan terutama dalam kelompok kluster. Informasi digali dari seluruh pemangku kepentingan sehingga dapat dirumuskan suatu gambaran ideal dari kluster baja, dan bila terjadi penurunan kinerja dapat diatasi segera.

3. Diagram Input dan Output

Berdasarkan diagnosis pembentukan kluster

industri baja, elemen penting dalam pengembangan kluster industri baja adalah interaksi antar elemen itu sendiri, interaksi yang berbasis nilai yang terkait satu sama lain seperti tergambar dalam diagram kausatif yang memperlihatkan masing-masing variabel berinteraksi secara dinamis (Gambar 1)

Dalam diagram input-output sistem kluster industri baja, dan dalam analisis input-output sistem kluster industri baja, sumber bahan baku baja terdiri dari bijih besi, batubara dan batu kapur yang termasuk input tak terkendali. Hal ini disebabkan faktor keterdapatannya sumber bahan baku dari produk penambangan, harga bahan baku di pasar internasional pada tingkatan harga FoB (freight on board) dan nilai tukar rupiah terhadap dolar AS. Penambangan mineral logam termasuk besi sangat ditentukan oleh harga pasar internasional, bila harga naik yang disebabkan kelangkaan pasokan, maka minat investasi untuk kegiatan eksplorasi dan ekspansi penambangan juga meningkat. Harga komoditas juga sebagai variabel penentu pada tahap kajian kelayakan tambang dan penyusunan rencana kerja tahunan perusahaan pertambangan, juga sangat menentukan dalam menentukan metoda dan teknik penambangan. Apabila harga turun, maka perusahaan pertambangan akan menanggungnya, keuntungan kecil sedangkan kewajiban royalti dan pungutan lain resmi terhadap pemerintah tetap berjalan dan wajib dipenuhi.

Jadi sangat berbeda dengan produk industri. Harga produk industri dapat dikendalikan, ditentukan oleh industri itu sendiri yang tergantung pada ongkos produksi dan biaya transportasi, serta menyesuaikan diri dengan kurs valuta asing. Untuk jelasnya lihat bagan (Gambar 2). Sedangkan dalam sistem kluster baja, input tak terkendali sama dengan input tak terkendali dari sektor lainnya.

4. Potensi Bijih Besi di Indonesia

4.1. Latar belakang

Sejak tahun 2000, dunia menghadapi kekurangan bijih besi dan bahan baku baja di pasar internasional sebagai akibat kenaikan kebutuhan

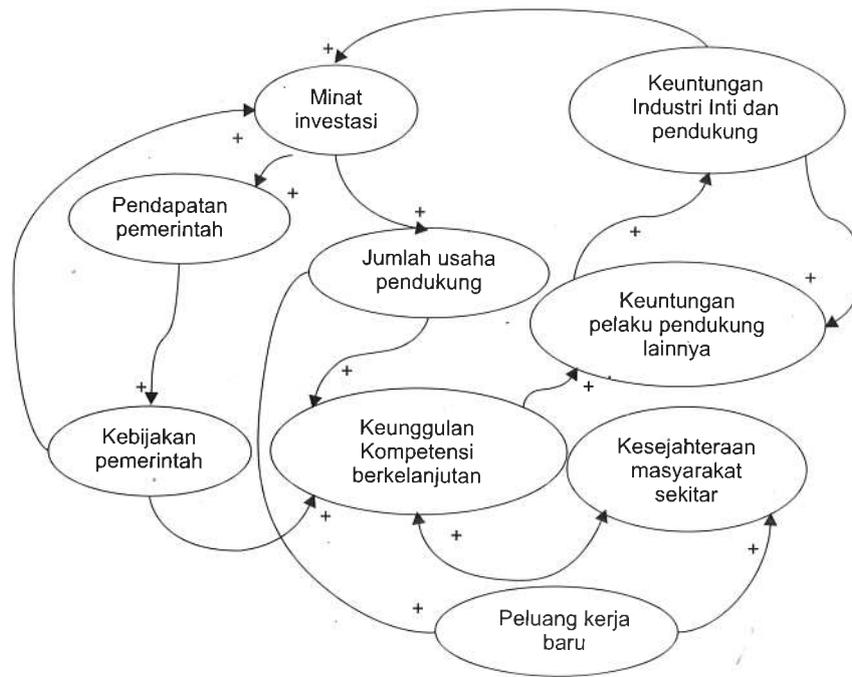
besi baja baik di negara maju maupun negara sedang berkembang. Bijih besi digunakan untuk keperluan industri baja. Industri baja merupakan syarat mutlak yang harus dipenuhi oleh suatu negara yang ingin maju. Bersama dengan batubara, besi merupakan mineral utama yang diperlukan oleh umat manusia untuk mempertahankan peradaban. Kedua bahan tambang ini sangat banyak digunakan, selain minyak bumi, dan bahan bangunan untuk keperluan pembangunan sarana fisik/konstruksi. Berdasarkan hasil inventarisasi oleh Kementerian Ekonomi Jerman Barat (1980), besi merupakan mineral ke-5 terbanyak digunakan oleh manusia yakni mencapai 888 juta ton.

Pada tahun 2002, produksi besi untuk pertama kali menembus angka 1 miliar ton yang diantaranya digunakan untuk membuat baja sebanyak 900 juta ton. Peningkatan konsumsi baja ini disebabkan berkembangnya industri otomotif di dunia dengan pesat dan meningkatnya pendapatan masyarakat. Makin tinggi pendapatan, maka kebutuhan akan baja per kapita juga meningkat tajam. Menurut laporan World Bank (2003), konsumsi baja Indonesia mencapai 22 kg per orang per tahun. Angka ini sangat rendah bila dibandingkan dengan Malaysia 252 kg, Thailand 172 kg, Philipina 44 kg, Singapura 691 kg, Korea Selatan 800 kg, dan Jepang 1200 kg. Sedangkan tingkat produksi dan konsumsi baja di Negara ASEAN, sejak tahun 2002, produksi dan konsumsi baja Malaysia dan Thailand melampaui kapasitas produksi baja Indonesia (lihat Tabel 1).

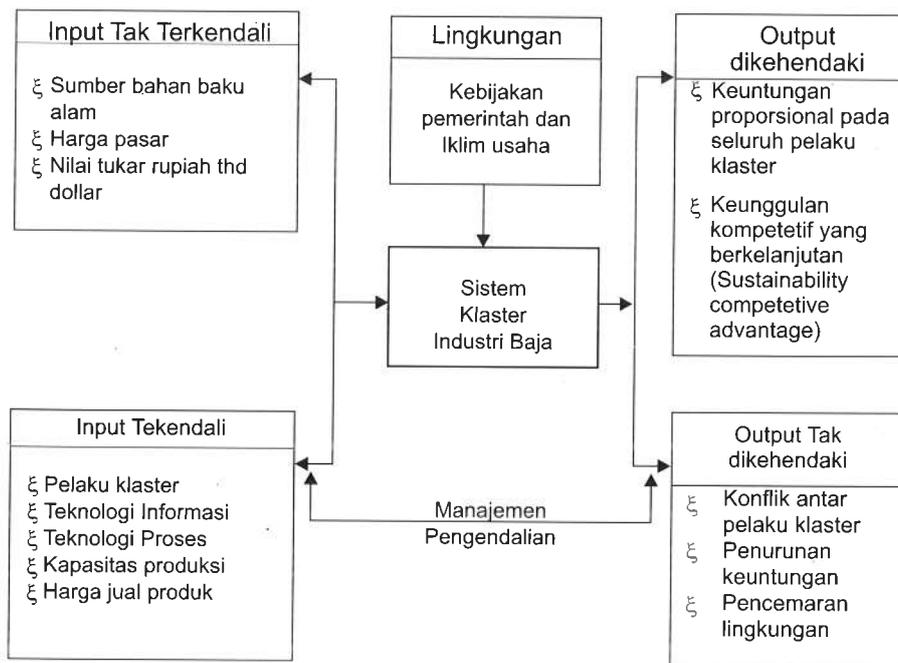
Akibat peningkatan konsumsi baja ini, industri otomotif mulai menggantikan baja dengan material lain seperti plastik. Permintaan dunia yang semakin tinggi berdampak kesulitan Indonesia untuk mendapatkan bahan baku baja di pasar dunia apabila tidak sejak dini mengolah potensi bijih besi dan batubara secara mandiri untuk menunjang pengembangan industri baja nasional sehingga mengurangi ketergantungan dari impor. Salah satu tantangan bagi industri baja Indonesia, adalah belum memiliki teknologi pengolahan bijih besi berkadar rendah. Sedangkan bahan baku lain seperti batubara dan gas juga terdapat di Indonesia.

Tabel 1

NEGARA	PRODUKSI X 1000 ton			Konsumsi, x 1000 ton		
	1998	2002	2006	1998	2002	2006
Indonesia	2.669	2.462	3.759	3.314	4.859	6.245
Malaysia	1.903	4.722	5.834	4.087	7.061	6.779
Philipina	884	550	558	2.977	3.735	3.141
Singapura	499	545	607	3.245	2.925	2.575
Thailand	1.814	2.538	5.210	3.827	9.988	13.416
Vietnam	306	406	1.400	2.046	4.489	5.821
Total	8.150	11.226	17.368	19.496	33.057	37.977



Gambar 1. Interaksi antar elemen dalam pengembangan kluster industri baja berbasis nilai (PT Sucofindo, 2005)



Gambar 2. Diagram Input Output Sistem Kluster Industri Baja, dimana sumber bahan baku alam termasuk input tidak terkendali (PT Sucofindo, 2005)

Kebutuhan besi di dunia saat ini berasal dari hasil tambang dan daur ulang besi bekas. Indonesia memiliki banyak lokasi endapan besi namun sumber dayanya masih tergolong pada kelas hipotetik dengan jumlah cadangan terbukti kecil akibat tidak dilakukannya eksplorasi rinci dan hingga saat ini belum terdapat pertambangan besi yang memasuki tahap studi kelayakan. Sedangkan kebutuhan bijih besi untuk industri baja di Indonesia meningkat tajam, seperti PT Krakatau Steel, BHP Steel dan Gunung Steel. Disamping itu juga banyak terdapat pabrik pengolahan besi skala kecil yang tersebar di sekitar Jawa Barat dan Jawa Timur. Sebagian besar industri baja tersebut sangat tergantung pada bahan impor. Contohnya, Krakatau Steel memerlukan 4,5 juta ton bijih besi magnetit per tahun yang diimpor dari Swedia dan Brazil, dan 8 juta ton besi spon dan scrap per tahun. Dengan kelangkaan bijih besi di pasar internasional dan meningkatnya kebutuhan dalam negeri, saat ini banyak aplikasi kuasa pertambangan bijih besi di berbagai daerah di Indonesia, terutama sejak dilaksanakannya otonomi daerah yang umumnya datang dari Republik Rakyat Cina.

Perijinan pertambangan besi tersebut dikeluarkan oleh pemerintah Kabupaten. Berdasarkan catatan, sebelum era otonomi (2001) pemerintah pusat mengeluarkan Kuasa Pertambangan untuk bahan galian pasir besi yang ditambang untuk keperluan industri semen. Sebelum tahun 2001 Kuasa Pertambangan untuk eksplorasi bijih besi sangat jarang bahkan tidak pernah diterbitkan, kecuali kuasa pertambangan pasir besi. Kontrak Karya Pertambangan yang melakukan kegiatan eksplorasi untuk bijih besi di Indonesia juga belum pernah terjadi.

4.2. Endapan besi

Besi, termasuk unsur yang melimpah dipermukaan bumi bahkan sampai ke inti bumi dan berbagai benda langit yang jatuh ke bumi. Sebagai logam yang paling murah dan penggunaannya sangat luas, besi menjadi logam terbesar yang diproduksi di dunia. Besi telah dikenal oleh umat manusia sejak 4000 SM dimana yang diolah diperkirakan berasal dari meteor. Penggunaan besi secara besar-besaran dimulai sejak ditemukannya teknologi "blast furnace" pada abad ke-14 M. Amerika Serikat mendirikan pengolahan bijih besi pertama kali pada tahun 1608 di Virginia, Massachusetts (1664) dan Pennsylvania (1730). Pendirian industri baja di Amerika Serikat tersebut berhubungan dengan penemuan endapan bijih besi di Lake Superior dan penemuan endapan batubara di sekitar Pennsylvania Timur. Sejak penemuan ini, Amerika Serikat memulai era

negara industri. Bertahannya industri logam dan industri teknologi maju di Negara tersebut hingga saat ini, disebabkan penemuan bijih besi berukuran raksasa ini.

Besi termasuk unsur utama pembentuk kerak bumi dengan kadar rata-rata di kerak bumi mencapai 5,4%. Penambangan besi saat ini membutuhkan bijih besi yang berkadar 55-65% Fe atau memiliki faktor pengkayaannya (enrichment factor) yang mencapai 10-12 kali dari kadar rerata kerak bumi. Secara komersial, bijih besi yang ditambang mempunyai komposisi mineral magnetit (black ore; $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$), hematit (red ore; Fe_2O_3), limonit (brown ore; $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), dan siderit (clay iron stone: FeCO_3).

Jenis-jenis endapan komersial bijih besi yang ditambang saat ini terdiri dari:

1. Magmatic, di Iron Mountain di Wyoming dan Adirondack Newyork, AS
2. Contact metasomatic, di New Mexico, Utah, Pennsylvania dsbnya.
3. Replacement, di Missori, AS
4. Sedimentary di Eropah Tengah, seperti Jurassic ore of England, Luxembourg, Perancis, Jerman, Ukraina, Siberia, dan di Brazil
5. Residual, di Lake Superior
6. Oksidasi, Riotinto Spanyol
7. Volcanic exhalative di Taberg Swedia.

Secara geologi, endapan bijih besi tersebar di muka bumi dengan kondisi geologi tertentu. Endapan besi di Lake Superior ditemukan pada batuan berumur Pra Kambrium dengan cadangan mencapai 6.500 juta ton dan sumber daya 78.000 juta ton, terdapat sebanyak 7 daerah prospek dengan kadar antara 51-63% besi. Penambangan besi pada formasi berumur Pra-Kambrium ditemukan di Kanada (94% hasil penambangan) dan seluruh penambangan besi di Australia. Menurut Guilbert dan Park (1986), hampir 90% bijih besi di dunia berasal dari "cherty banded iron formation" yang dicirikan oleh endapan-endapan lapisan yang tipis hingga sedang, dibentuk oleh lapisan besi oksida, besi karbonat atau material silika besi (chert/jasper). Jebakan ini terbentuk pada proses sedimentasi yang berhubungan pembentukan gunung api bawah laut pada zaman Pra-Kambrium.

Bila diperhatikan kemakmuran dan kemajuan umat manusia, maka suatu negara akan maju dan berkembang bila negara tersebut memiliki kondisi geologi yang lengkap dari geologi berumur pra-kambrium hingga umur termuda. contohnya AS, dan Eropa Barat.

4.3. Potensi Bijih Besi Indonesia

Endapan bijih besi telah diteliti dan dieksplorasi oleh Pemerintah Kolonial Belanda. Pada periode 1957-1964 Indonesia yang bekerja sama dengan Pemerintah Uni Sovyet, melaksanakan eksplorasi bijih besi untuk kepentingan pembangunan industri baja di Cilegon (Banten) dan menemukan beberapa daerah prospek di Kalimantan Selatan. Pada masa pemerintahan Orde Baru, (1967-1998) Indonesia mengalami demam eksplorasi yang bertujuan untuk mencari endapan bauksit, nikel, tembaga, emas dan batubara, tetapi bijih besi tidak tersentuh sama sekali. Ini menunjukkan bahwa potensi geologi Indonesia untuk endapan besi tidak menarik, karena geologi Indonesia merupakan busur magmatis yang tidak mempunyai batuan berumur pra-Kambrium seperti misalnya Banded Iron Formation. Walaupun demikian pihak Departemen Perindustrian, banyak melakukan evaluasi kemungkinan penggunaan bijih besi untuk kepentingan industri dalam negeri. Evaluasi ini dilakukan berdasarkan data penemuan bijih besi yang terdapat di unit-unit dalam lingkungan Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.

Data potensi endapan besi di Indonesia, diperoleh dari hasil penyelidikan masa kolonial Belanda, hasil penyelidikan kerja sama antara Pemerintah Indonesia Uni Sovyet (akhir 1950an) untuk pengembangan industri baja di Krakatau Steel, dan berbagai penyelidikan yang dilaksanakan oleh pemegang Kuasa Pertambangan serta lembaga pemerintah.

Endapan besi yang ditemukan di Indonesia umumnya terdiri dari tiga jenis endapan yaitu bijih besi laterit, besi primer, besi sedimen dan pasir besi (lihat Tabel 2, Potensi Bijih Besi Indonesia). Besi sedimen ditemukan di Indonesia merupakan hal baru.

Berdasarkan data Pusat Sumber Daya Geologi 2008, endapan besi sedimen ditemukan di Kabupaten Trenggalek (Jawa Timur) dengan sumber daya teroka mencapai 23, 7 juta ton lebih yang ditemukan di Kecamatan Dongko sebanyak 4 lokasi. Besi sedimen terbesar ditemukan di Kali Telu-Pagergunung dengan sumber daya teroka mencapai 11,3 juta ton dengan kadar logam 7 juta ton. Dengan penemuan ini diduga di pulau Jawa terdapat endapan yang mirip dengan Banded Iron Formation berumur para-Kambrium, hanya umur formasi ini muda (Pleistosen ?)

Endapan besi laterit merupakan hasil pelapukan batuan ultrabasa dengan potensi sumber daya pada tahun 2008 mencapai 1.585.195.899,30 dan cadangannya mencapai 80.640.000. Sumber daya tahun 2008, terjadi kenaikan, cadangannya menurun. Hal lain, terjadi kenaikan sumber daya bijih besi primer dan munculnya cadangan bijih besi primer yang pada tahun 2003 belum diperoleh data (Tabel 3). Dengan demikian, selama lima tahun terjadi kenaikan kegiatan eksplorasi bijih besi primer baik yang dilakukan perusahaan pemegang kuasa pertambangan, Pemerintah Kabupaten/-Kota dan penyelidikan yang dilakukan oleh Pusat Sumber Daya Geologi.

Tabel 2.
Sumber Daya dan Cadangan Bijih Besi Indonesia (2008)

Jenis Cebakan	Sumber Daya (ton)		Cadangan (ton)	
	Bijih	Logam	Bijih	Logam
Bijih Besi Primer	381.107.206,95	198.628.764,63	2.216.005	1.383.256,80
Laterit Besi	1.585.195.899,30	631.601.478,77	80.640.000	18.061.569,20
Pasir Besi	1.014.797.646,30	132.919.134,62	4.732.000	15.063.748
Besi Sedimen	23.702.188,00	15.496.162,00	-	-
Sumber : Neraca Sumber Daya Mineral Logam dan Non Logam, Pusat Sumber Daya Geologi 2008				

Tabel 3.
Sumber Daya dan Cadangan Bijih Besi Indonesia (2003)

Jenis Cebakan	Sumber Daya (ton)		Cadangan (ton)	
	Bijih	Logam	Bijih	Logam
Bijih Besi	76.147.311	35.432.196		
Laterit Besi	1.151.369.714	502.317.988	215.160.000	8.193.580
Pasir Besi	89.632.359	45.040.808	28.417.600	15.063.748
Sumber : Sumber daya dan Cadangan Nasional Mineral, Batubara dan Panas Bumi Tahun 2003, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral 2004				

Endapan besi laterit ini ditemukan secara tersebar dengan endapan berukuran kecil dan berkadar rendah. Potensi terbaik di Kalimantan Selatan yang ditemukan dari hasil penyelidikan Uni Soyvet, menunjukkan sumber daya terukur mencapai 5,0 juta ton yang terbentuk secara metasomatik dengan kadar besi antara 60-62%, sedangkan jumlah sumber daya di Kalimantan Selatan mencapai 560.247.700 ton (Tabel 4 dan 6). Walaupun demikian masih perlu dikaji seandainya akan dikembangkan untuk penambangan skala kecil. Saat ini penambangan besi skala kecil di RRC, memiliki kapasitas terendah 300.000 ton pertahun dengan umur tambang 10 tahun. Dengan contoh tersebut, daerah yang mungkin dapat dikembangkan memiliki cadangan minimal 3.000.000 ton.

Bila diperhatikan sebaran berdasarkan letak geografis, Kalimantan Selatan, Sulawesi Selatan, dan Maluku Utara. Bijih besi di Indonesia dalam bentuk endapan skarn memiliki potensi sumber daya hanya 76,1 juta ton (Tabel 3), dan tersebar di beberapa tempat di pulau Sumatera, salah satunya terdapat di Lampung dalam bentuk magneto hematit yang dapat

dileburkan dalam tanur tiup sekala kecil.

Berdasarkan hasil penyelidikan Pusat Sumber Daya Geologi tahun 2005, mineralisasi bijih besi ditemukan di daerah Air Manggis Kabupaten Pasaman dengan sumber daya hipotetik 3,08 juta ton dengan kadar Fe total 40,34%. Sedangkan dari aspek kelas cadangan, maka cadangan besi terdapat di Sulawesi Tenggara dan Maluku Utara namun dalam bentuk mineral ikutan dari nikel dan kobal yang ditambang oleh PT Inco dan PT Aneka Tambang. Cadangan tersebut ikut ditambang sehingga data cadangan tersebut tidak bernilai.

Sedangkan pasir besi banyak tersebar di sepanjang pantai selatan Pulau Jawa (Tabel 5), pantai barat Sumatera dan tempat lainnya. Umumnya pasir besi di Indonesia ditambang untuk keperluan bahan korektif dalam industri semen. Kebutuhan besi dalam industri semen mencapai 5%, dan sebagian besar telah terpenuhi dalam bahan baku lempung atau lempung laterit. Sebagai bahan korektif, pada tahun 2002, industri semen hanya memerlukan sekitar 378.587 ton.

Tabel 4.
Sumber Daya dan Cadangan Besi Laterit (2003)

Provinsi	Sumber Daya (Ton)		Cadangan (Ton)	
	Bijih	Logam	Bijih	Logam
Nanggroe Aceh Darussalam	400.000			
Lampung	135.000	93.150		
Banten	126.000	61.147.000		
Jawa Barat	500.000	225.000		
Jawa Timur	84	46,58		
Kalimantan Selatan	560.247.700	265.371.407		
Sulawesi Selatan	371.500.000	182.035.000		
Sulawesi Tenggara	59.080.930	10.261.997	4.520.000	670.349
Maluku Utara	193.425.000	58.50.000	52.320.000	7.218.856

Sumber : Sumber daya dan Cadangan Nasional Mineral, Batubara dan Panas Bumi Tahun 2003, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral 2004

Tabel 5.
Sumber Daya dan Cadangan Pasir Besi (2003)

PROVINSI	SUMBER DAYA (Ton)		CADANGAN (Ton)	
	BIJIH	LOGAM	BIJIH	LOGAM
Nanggroe Aceh Darussalam	124.124	68.268		
Bengkulu	738.241	434.027		
Lampung	74	34		
Jawa Barat	23.165.506	11.925.668	10.465.200	5.894.001
Jogjakarta	60.606.000	30.727.000		
Jawa Timur	1.100	462	700.000	351.400
Nusa Tenggara Barat	4.270	2.859		
Nusa Tenggara Timur	175.000	89.250		
Sulawesi Selatan	3.402.500	1.357.125		
Sulawesi Tengah	609.772	1.824.110		

Sumber: Sumber daya dan Cadangan Nasional Mineral, Batubara dan Panas Bumi Tahun 2003, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral

Tabel.6.
Data Sumber Daya dan Cadangan Besi Primer di Kalimantan Selatan
(Sumber : Pusat Sumber Daya Geologi 2008)

NO	LOKASI	SUMBER DAYA (ton)												CADANGAN (ton)			
		HIPOTETIK		TEREKA		TERTUNJUK		TERUKUR		TERKIRA		TERBUKTI		BIJIH	LOGAM	BIJIH	LOGAM
		BIJIH	LOGAM	BIJIH	LOGAM	BIJIH	LOGAM	BIJIH	LOGAM	BIJIH	LOGAM	BIJIH	LOGAM				
1	Batu Berani, Kab. Balangan	-	-	-	-	-	-	64,000.00	35,110.40	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Pontain, Kab. Tanah Laut	-	-	-	-	-	-	1,197,000.00	778,050.00	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Tebing Siring, Kab. Tanah Laut	-	-	-	-	-	-	1,149,200.00	625,049.88	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Riampinang, Kab. Tanah Laut	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,149,000.00	746,850.00	-	-	-	-
5	Tanah Ambungan, Kab. Tanah Laut	-	-	132,000.00	41,870.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Tanalang, Kab. Balangan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Tanjung, Kab. Tanah Laut	-	-	-	-	-	-	5,062,400.00	3,105,276.16	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Gg. Tembaga, Kab. Tanah Laut	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	177,200.00	79,740.00	-	-	-	-
9	Melati, Kab. Tanah Laut	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	108.00	60.48	-	-	-	-
10	Batukora, Kab. Tanah Laut	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	155.00	79.67	-	-	-	-
11	Ulin, Kab. Tanah laut	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	512.00	259.07	-	-	-	-
12	Purui, Kab. Tabalong	150.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	Desa Kepayang, Kab. Tanah Bumbu	124,680.00	59,594.70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	Bukit Belah, Kab. Balangan	250,815.00	42,011.51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	Koratein, Kab tanah Laut	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30.00	19.97	-	-	-	-
Jumlah		375,645.00	101,546.21	132,000.00	41,870.40	0.00	0.00	7,472,600.00	4,543,486.44	0.00	0.00	2,216,005.00	1,383,256.50	0.00	0.00	0.00	0.00

Dari konsep klaster industri baja yang sedang dirancang dan akan dikembangkan pada masa depan, dan mengingat potensi bijih besi di Indonesia yang kecil dan tersebar di beberapa daerah di Indonesia, maka pengembangan klaster industri baja yang potensial diusulkan di daerah Kalimantan Selatan dengan sumber daya laterit mencapai 560 juta ton besi dan di daerah Sulawesi Selatan dengan sumber daya besi laterit mencapai 371 juta ton. Kalimantan selatan lebih mudah berkembang karena memiliki batubara dan gas. Sedangkan daerah Maluku Utara dan Sulawesi Tenggara yang memiliki sumber daya dan cadangan besi, tidak memenuhi persyaratan karena besi di kedua daerah tersebut merupakan unsur ikutan dalam bijih laterit nikel-kobal. Sebagian bijih besi di daerah tersebut diolah menjadi fero nikel dan nikel matte. Sebelum diwujudkan, eksplorasi rinci di kedua daerah ini diusulkan untuk dilakukan oleh perusahaan penambang yang tergabung dalam klaster industri baja.

Berdasarkan Data Neraca Pusat Sumber Daya Geologi 2008, di daerah Kalimantan selatan terdapat 15 lokasi endapan besi primer dengan tingkat eksplorasi dari prospeksi hingga eksplorasi rinci. Endapan besi primer dengan Sumber daya terukur sebesar 5 juta ton lebih ditemukan di Tanalang Kabupaten Balangan. Endapan bijih besi primer dengan cadangan terkira ditemukan di Gunung Tembaga Kabupaten Tanahlaut. Saat ini beberapa perusahaan memulai mengembangkan penambangan (lihat Tabel 6)

5. Pembahasan

Pengembangan industri baja melalui konsep klaster bertujuan untuk membangun industri yang berkelanjutan dengan upaya pengelompokan industri inti yang saling kait mengkait dengan industri pendukung, industri terkait, jasa penunjang, lembaga keuangan, sarana ekonomi dan lembaga terkait lainnya. Manfaatnya adalah untuk mengurangi biaya transportasi dan transaksi, efisiensi, menciptakan asset secara kolektif dan mendorong terciptanya inovasi. Dengan klaster industri, perusahaan kecil yang memasok bahan baku akan bertahan dan berjalan. Permasalahan dalam mengembangkan klaster, adalah bentuk penjualan dalam klaster bisa ditafsirkan sebagai penjualan dalam bentuk afiliasi yang dilarang. Praktek afiliasi ini merugikan pemerintah dimana harga kontrak penjualan selalu dibawah harga pasar internasional sehingga terjadi praktek neraca rugi namun pertambangan tetap berjalan.

Pengembangan klaster di Indonesia ini juga tidak mudah. Pengalaman di wilayah Cisaat Sukabumi, menunjukkan bahwa terdapat beberapa penambangan batu gamping yang

ditambang untuk keperluan Kawasan Industri di Cilegon. Penambangan tersebut umumnya tidak mampu bertahan lama, karena penambangan tumbuh akibat nepotisme antara penambang dengan komite pengadaan bahan baku dari industri pemesan.

6. Kesimpulan

Indonesia memiliki potensi bijih besi yang sumber daya berkadar rendah dan cadangan yang kecil. Untuk mengurangi ketergantungan dari impor yang semakin langka dan mahal, diperlukan klaster industri baja yang didalamnya termasuk usaha penambangan bijih besi yang dikembangkan secara bersama dan saling menguntungkan. Daerah yang memenuhi persyaratan untuk membangun klaster industri baja adalah Kalimantan selatan dan Sulawesi Selatan. Maluku Utara memiliki cadangan besi tetapi hanya sebagai mineral ikutan dalam laterit nikel-kobal.

7. Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bambang Tjahjono S dan Bambang Pardiarto atas saran, koreksi, dan dorongan agar naskah ini dapat diselesaikan sehingga dapat termuat dalam Buletin Sumber Daya Geologi edisi ini. Terima kasih juga disampaikan kepada sdr Ella Dewi Laraswati dan Wiwi Resmiasih yang terus menerus mengingatkan agar naskah ini diselesaikan.

ACUAN

- Austin, George T dan Jasfi E, 1996, Industri proses Kimia, Jilid 1 Edisi 5. Penerbit Erlangga Jakarta, 380 halaman.
- Guilbert, John M., and Park Charles F, 1986, The Geology of Ore Deposits, W.H. Freeman and Company, Newyork, p.603-629.
- Global Iron Ore and Steel Forecasting Conference, Perth Australia.
- PT Sucofindo, 2005, Summary Executive Diganosa Klaster Indutri Baja. 16 halaman.
- Porter Michail, 2000, Location, competition and economic development; Local clusters in the global economy, Economic Development Quarterly, Vol 14 No. 1 (February 2000) 15-34.
- Pujawan, IN, 2005, Manfaat Cluster bagi Pengelolaan Rantai Pasok.
- Setiawan B., Pardiarto B., Sunuhadi.D.N., 2004, Peluang Pemanfaatan Bijih Besi di Indonesia, Mineral and Energy, Vol.2 No.5 Desember, hal 45-50.
- Toth P., 2005, Production and Market Strategies in a Changing Iron Ore World, AJM

TINJAUAN EMAS EPITERMAL PADA LINGKUNGAN VOLKANIK

Oleh:

Eddy Sumardi

Penyelidik Bumi Madya
Kelompok Program Penelitian Bawah Permukaan
Pusat Sumber Daya Geologi

SARI

Endapan emas epitermal dilingkungan batuan vulkanik adalah hampir selalu berasosiasi dengan batuan vulkanik *calc-alkaline* dan batuan intrusi, beberapa memperlihatkan suatu hubungan yang erat dengan batuan vulkanik alkali.

Endapan emas epitermal bentuknya adalah sangat bervariasi, dari vein-vein kuarsa tipis sampai deposit-endapan *disseminated* yang besar, dan terdapat dalam lingkungan geologi yang berbeda, oleh karena itu mereka memperlihatkan suatu rentang yang lebar dari signatures geokimia dan geofisika, juga ciri-ciri *tonal* pengindraan jauh

Di Kelian, Indonesia, endapan berasosiasi dengan batuan andesit Oligosen Atas Miosen Bawah, piroklastik Eosen Atas (?) dan sedikit riolit, dan beberapa basal Plio-Pleistosen. Ia terletak pada suatu tren regional utara-timur yang juga mengandung mineralisasi epitermal signifikan di G. Muro dan G. Masuparia. Mineralisasi terjadi di tepi dari suatu tubuh andesit yang mengintrusi satuan batuan piroklastik Eosen, dan batuan andesit yang terkekarkan, batuan tufa, dan bermacam-macam breksi.

Kata Kunci: Endapan emas epitermal, genesa, *signature*, geokimia, geofisika, *tonal*, pengindraan jauh, Kelian.

ABSTRACT

Epithermal gold deposits in volcanic terranes are mostly associated with calc-alkaline volcanic and intrusive rocks, some show a close association with alkalic volcanics.

Epithermal gold deposits are highly variable in form, ranging from thin quartz veins to large disseminated deposits, and are located in a variety of geological environments. Consequently, they exhibit a wide range of geochemical and geophysical signatures, as well as tonal characteristics of remote sensing.

In Kelian, the deposit is associated with Late Oligocene-Early Miocene andesite, Upper Eocene (?) pyroclastics and minor rhyolites, and some Plio-Pleistocene basalt. It lies on a north-easterly regional trend which also contains significant epithermal mineralization at Mt. Muro and Masuparia. Mineralisation occurs in the margin of andesite intrusive, into the Eocene pyroclastic unit, and hosted by fractured andesite, and tuff and a variety of breccias.

Keywords: *Epithermal gold Deposits, genesis, signatures, geochemistry, geophysics, tonal, remote sensing, Kelian.*

PENDAHULUAN

Endapan mineral epitermal telah menerima banyak perhatian dunia oleh karena dapat dieksploitasi secara ekonomis, dan tersedia banyak dibandingkan dengan sumber daya logam mulia lainnya.

Secara geologi, endapan ini relatif mudah ditemukan, karena secara genesa endapan epitermal ini kadarnya rendah dan secara umum telah diketahui keberadaannya. Oleh karena secara genesa dan ekonomis endapan epitermal ini signifikan, tetapi cadangan-nya masih bersatu dengan cadangan kadar tinggi yang telah ada.

Secara ekonomi, harga emas-perak naik relatif terhadap ongkos operasi penambangan emas. Hal ini disebabkan karena cadangan emas yang kadarnya rendah telah dapat dieksploitasi secara komersil dan pengaruhnya adalah terjadinya revitalisasi cadangan emas yang telah ada.

Endapan epitermal logam dasar dan mulia adalah banyak macamnya, mencerminkan perbedaan tektonik, batuan beku dan kedudukan strukturnya dimana mereka terbentuk, dan melibatkan banyak proses didalam pembentukannya. Kebanyakan dari endapan epitermal terbentuk dalam suatu level kerak bumi yang dangkal, dimana perubahan tiba-tiba dalam kondisi fisik dan kimianya menghasilkan endapan logam dan hadir bersama ubahan hidrotermal (White dan Hedenquist, 1990).

Reid dan Hedenquist (1984) juga telah menekankan istilah epitermal dengan singkat (Tabel 1) agar setiap orang menyadari konotasi genesanya. Sebenarnya, hal ini menceritakan tentang lingkungan hidrotermal yang dekat permukaan, terutama berasosiasi dengan vulkanisme kalk-alkalin dekat permukaan dan sering, tetapi tidak selalu, berasal dari hasil-hasil vulkanisme dan sedimen yang berkaitan. Zona dekat permukaan ini adalah objek yang paling utama yang menjadi perhatian kita, dimana hal ini adalah fokus dari endapan logam mulia epitermal.

Lindgren (1933) mendefinisikan istilah "epitermal" dari pengamatan mineralogi dan tekturnya, dan ia menyimpulkan kondisi temperatur dan tekanannya (kedalamannya) untuk style (bentuk) mineralisasi ini. Walaupun penafsiran dari pengamatannya tidak mengubah secara substansial, pemahaman kita mengenai lingkungan epitermal yang sekarang telah berkembang sebagai hasil dari suatu pengamatan dasar yang semakin maju.

Penemuan dan studi sejumlah besar dari endapan-endapan epitermal diluar kedudukan (setting) Amerika Serikat klasik barat memperlihatkan bermacam-macam lingkungan geologi

yang merupakan batuan induk (host) yang potensial untuk mineralisasi logam dasar dan mulia dekat permukaan.

Agar dapat menjelaskan lebih baik tentang emas epitermal maka perlu menerangkan secara singkat mengenai: genesa dari endapan emas epitermal; emas epitermal di batuan vulkanik, eksplorasi untuk endapan emas epitermal dan studi kasus tentang emas epitermal.

GENESA ENDAPAN EMAS EPITERMAL DI LINGKUNGAN VOLKANIK

Penyelidikan terdahulu

Bermacam-macam hipotesa untuk sumber endapan bijih epitermal yang berhubungan dengan sumber untuk semua tipe endapan bijih hipogen kecuali sesuai dengan definisinya adalah berasal dari sumber yang dangkal dengan kondisinya berasosiasi dengan air meteorik dan atmosfer.

Hipotesa-hipotesa tentang asalnya (origin) endapan epitermal yang secara serious dipertimbangkan oleh Schmitt (1950) adalah sebagai berikut: (1) lateral secretion; (2) diferensiasi fluida dari suatu magma; (3) keluar vulkanik dan diserap oleh airtanah dalam; (4) fluida telluric; (5) injeksi dalam bentuk lelehan; dan (6) pengendapan dari fase gas. Lebih lanjut lagi Schmitt (1950) menyatakan bahwa dari penelitian mata air panas fumarol menunjukkan bahwa transportasi dari banyak unsur-unsur oleh air meteorik panas merupakan suatu proses yang utama.

Craig dan Vaughan (1981) menyarankan bahwa emas yang terbentuk oleh pengendapan larutan hidrotermal yang mengisi sistem rekahan terbuka dan fracture. Ini juga disarankan oleh Worthington dan Kiff (1970) bahwa kebanyakan endapan emas terbentuk pada tahap waning (melemah) dari vulkanisme disebabkan tidak hadirnya ubahan parent intrusions dan extrusive hydrothermal. Dalam kasus endapan-endapan Tersier, mereka telah menyarankan bahwa endapan-endapan ini menunjukkan suatu sumber vulkanik untuk ore-bearing hidrothermal, walaupun dalam kasus endapan-endapan emas telluride pada batuan yang lebih tua, baik vulkanik ataupun batuan beku intrusif adalah sumber dari fluida hidrotermal tidak begitu meyakinkan. Selain itu mereka juga menyatakan bahwa komposisi dari fluida hidrotermal ini dan apakah emas ditransportasi sebagai emas sulfur atau emas klorida adalah juga menjadi perdebatan.

Sejumlah penyelidik telah mencoba untuk mendefinisikan himpunan genesa dari endapan epitermal. Dengan penekanan pada hubungan antara distrik epitermal dan batas-batas convergent plate, Giles dan Nelson (1982)

mengusulkan suatu hubungan kedalaman yang menerus endapan-endapan epitermal dari endapan mata air panas dekat permukaan, disseminated replacement deposits (endapan penempatan disseminasi), dan sistem bonanza yang lebih dalam.

Heald, dkk (1987) mengusulkan dua tipe endapan-endapan logam dasar dan logam mulia terutama hosted (berasal) dari batuan vulkanik Tersier. Dua tipe utama yang dimaksud adalah tipe acid-sulfate (goldfield, Nevada) dan tipe adularia-sericite (Creede, Colorado; Round Mountain, Nevada). Kedua tipe ini kaya akan emas dan perak. Kandungan logam dasar dalam endapan tipe acid-sulfate adalah relatif tinggi dan relatif kaya akan tembaga; Terdapat suatu rentang yang lebar dari kandungan logam dasar pada tipe adularia-sericite, walaupun umumnya relatif miskin tembaganya. Endapan tipe adularia-sericite dianggap lebih banyak dari pada endapan tipe acid-sulfate.

Evans (1987) juga mengatakan bahwa masalah utama yang berkaitan dengan genesa epitermal adalah sumber dan larutan alamiahnya, sumber dari logam-logamnya, kandungan sulfur dan tenaga pendorong yang memindahkan larutan melalui kerak bumi, cara transportasi bahan-bahan ini oleh larutan dan mekanisme pengendapannya.

Genesa dari endapan emas epitermal pada lingkungan batuan vulkanik akan dibahas dibagian selanjutnya sebagai berikut.

Sumber dari Emas

Ada dua jalur pendekatan yang biasanya diambil dalam mencoba untuk menetapkan sumber dari logam untuk endapan bijih hidrotermal (Edwards dan Atkinson, 1986). Yang pertama pengenalan asosiasi yang kuat dari endapan bijih dari suatu litologi tertentu. Yang kedua anomali pengayaan atau pengurangan logam dalam suatu litologi demikian adalah biasanya ditafsirkan sebagai indikator yang berpotensi sebagai suatu source rock (batuan induknya).

Endapan epitermal di lingkungan batuan vulkanik adalah hampir selalu berasosiasi dengan batuan vulkanik kalk-alkalin dan batuan intrusi, beberapa memperlihatkan suatu hubungan yang erat dengan batuan vulkanik alkali. Endapan Ladoman dan Cripple Creek Distrik, Colorado, adalah contoh-contoh dan mungkin dipertanyakan bahwa potensi untuk batuan yang seperti itu bertindak sebagai sumber emas tergantung pada evolusi magmanya, khususnya dengan mempertimbangkan keadaan jenuh dari sulfidanya (Keays dan Scott, 1976; Wyborn, 1988).

Endapan Hishikari dapat diklasifikasikan sebagai suatu endapan vein epitermal gold-silver-bearing quartz-adularia. Pada saat sekarang, pengembangannya telah berfokus diatas sistem vein Honko. Suatu sistem vein yang terpisah baru-baru ini telah ditemukan di daerah Yamada, 1 km dari baratdaya endapan Honko, hosted-nya adalah andesit Hishikari bagian bawah dan terdiri dari beberapa vein-vein utama dengan sejumlah vein-vein yang sejajar (Izawa dkk., 1990). Di endapan Hishikari, host (batuan induk) yang utama kemineralisasi bonanza yang lebih dalam adalah serpih dari group Shimanto dibawahnya. Mineralisasi vein terdiri dari suatu deretan vein yang luar biasa pada strike yang panjangnya paling sedikit 1100 m dan mungkin ditafsirkan sebagai suatu dilation jog dalam suatu transcurrent fault system (Henley, 1991).

Di Kelian, Indonesia, endapannya berasosiasi dengan batuan andesit Oligosen Atas Miosen Bawah, Piroklastik Eosen Atas (?) dan sedikit riolit, dan beberapa basal Plio-Pleistosen. Ini terletak pada suatu trend regional utara-timur yang juga mengandung mineralisasi epitermal signifikan di G. Muro dan G. Masuparia. Mineralisasi terjadi di tepi dari suatu set tubuh andesit yang mengintrusi kedalam satuan batuan pyroklastik Eosen, dan hosted oleh andesit yang terkekarkan dan tufa, dan bermacam-macam breksi yang rentangnya mulai dari piroklastik primer dan intrusi breksi sampai breksi hidrotermal yang didukung oleh fragmennya (Van Leeuwen, dkk., 1990).

Henley (1991) telah menyatakan bahwa magma-magma level atas adalah sumber emas di sistem emas epitermal dan juga dikedebanyakan kasus adalah sumber dari sulfur yang diperlukan untuk transportasi emas. Kemampuan degassing magmas untuk me-nyuplai logam terbentuknya semangkin kuat. Dengan demikian endapan alunite-kaolinite-style berhubungan dengan degassing dari magma level atas (contohnya kubah riolit), dengan aliran hidrotermal yang kemudian digerakan oleh sistem magma yang besar dan dalam. Sistem adularia-kaolinite-style berkaitan dengan tubuh-tubuh magma yang lebih dalam degassing kedalam suatu sistem airtanah dalam diatasnya. Konveksi airtanah dalam berfungsi untuk menyebarkan fluida magma. Dalam sistem permeabilitas yang tinggi, penyebarannya mungkin sangat kuat sehingga menahan formasi dari suatu endapan bijih walaupun milyaran gram emas mungkin tersebar pada kadar yang rendah di berapa ratus meter diatas sistemnya (contohnya Broadlands, New Zealand). Pada host rocks yang permeabilitasnya rendah, struktur utama mengontrol aliran airtanah dalam dan mengarahkan fluida-fluida ke suatu tempat pengendapan level atas (contohnya, Hishikari,

Japan). Breksiasi yang ekstensif, yang disebabkan proses magmatik dalam beberapa hal berasosiasi dengan struktur-struktur regional utama, nampaknya memberikan suatu lingkungan yang optimal (Kelian, Indonesia, dan Ladoman, Papua New Guinea adalah sebagai contoh).

EKSPORASI ENDAPAN EMAS EPITERMAL

Endapan-endapan emas epitermal bentuknya adalah sangat bervariasi, berkisar dari vein-vein kuarsa tipis sampai endapan-endapan diseminasi yang besar, dan terletak dalam suatu lingkungan geologi yang bermacam-macam, oleh sebab itu, mereka memperlihatkan suatu rentang yang lebar dari nilai-nilai geokimia dan geofisika, juga ciri-ciri rona penginderaan jauhnya.

Ekplorasi Geokimia

Ada suatu kelompok unsur-unsur yang menonjol yang biasanya berasosiasi dengan mineralisasi emas epitermal. Asosiasi yang paling klasik adalah emas, perak, arsen, antimon, air raksa, thallium dan sulfur (Reid dan Hedenquist, 1984).

Dalam endapan yang batuan induknya karbonat (carbonate-hosted), arsen dan sulfur adalah unsur-unsur utama yang berasosiasi dengan emas dan perak (Berger, 1983), bersama-sama dengan sejumlah kecil tungsten, molibdenum, air raksa, thallium, antimon dan telurium, fluorin dan barium.

Endapan yang batuan induknya vulkanik (volcanic-hosted) mengandung arsen, antimon, air raksa dan thallium diperkaya dengan logam mulia di daerah conduit (leher) fluida utama, juga berasosiasi dengan zona-zona ubahan mineral lempung.

Kebanyakan sistem epitermal yang besar dicirikan oleh intensif dan ekstensif alteration haloes disebabkan oleh tersebar luasnya dari reaksi penghacuran mineral feldspar dan ferromagnesian, silifikasi, dan piritisasi. Ciri lainnya dari sistem epitermal adalah pen-transferan potash (K) kedalam beberapa ratus meter diatas sistemnya, dan disebabkan oleh adanya pengurangan sulfur (Henley, 1991).

Pengambilan contoh geokimia untuk eksplorasi emas adalah sama dengan eksplorasi untuk tipe-tipe lainnya dari endapan bijih. Akan tetapi, contoh-contoh anomali mungkin mempunyai kandungan emas agak rendah (umumnya kurang dari 0,2 ppm), dengan hasil penting dari jumlah contoh yang dianalisis agar supaya minimum bersatu partikel-partikel emasnya (Zegers dan Leduc, 1991). Media pengambilan contoh dan interval, dan prosedur preparasi contoh yang digunakan oleh beberapa penulis dan berhubungan terhadap topografi yang

berbeda dan lingkungan iklim disajikan dalam Tabel 2.

Pada level survey regional, pengambilan contoh untuk eksplorasi emas tidak memerlukan prosedur yang unik atau tidak biasa, khususnya jika stream sediments di ambil. Contoh-contoh yang demikian umumnya adalah disiapkan dengan cara pengeringan dan pengayakan. Seperti juga pada unsur-unsur lainnya, pecahan yang halus umumnya diambil untuk dianalisis. Dalam banyak contoh-contoh, praktek yang umum dalam eksplorasi emas melibatkan pengumpulan contoh sebangak 500 gr dan recoverynya dengan pengayakan ukuran -80 mesh ($< 177 \mu\text{m}$) (Zegers dan Leduc, 1991).

Dalam situasi dimana pengambilan contoh tanah diperlukan, contohnya pada tahap regional pada terrain yang reliefnya rendah atau untuk survey lanjutan, pilihlah media pengambilan contoh yang paling memadai mungkin akan lebih sulit, khususnya pada pelapukan yang dalam, lingkungan laterit. Disana, emas atau unsur-unsur pandu (pathfinder) mungkin bersatu dalam fase mineral yang khusus, berkaitan dengan material yang berbeda ukuran butirannya. Jika, contohnya, OksidaFe dianggap mengandung emas atau unsur-unsur lain, pengambilan contoh harus difokuskan pada kedua-duanya yaitu pada ferruginous cuirasse sendiri atau derived product seperti pisolith atau lag.

Saprolit adalah umumnya diambil contohnya pada tahap eksplorasi rinci, dan dapat dianggap sebagai suatu alternatif pada litho geochemistry dalam terrain pelapukan yang dalam (Zegers dan Leduc, 1991). Lebih jauh lagi, Taylor dkk. (1989) telah dapat mendelineasi pola-pola ubahan dan membedakan ciri-ciri yang subtle (yang kurang jelas) seperti kandungan Fe dari tourmalin dari analisis multi-unsur dari saprolit.

Ketertarikan yang besar dalam eksplorasi emas dalam beberapa dekade yang lalu telah menghasilkan dalam pengembangan metode analisis untuk menentukan kandungan emas dari material-material yang ada dipermukaan. Hall dan Bonhan-Carter (1988) telah mendiskusikan prosedur dekomposisi contoh yang berbeda untuk material-material padat dan teknik analisis utama yang dipakai untuk menentukan emas (Table 3).

Seperti yang telah didiskusikan oleh Zeeger dan Leduc (1991) teknik ini dirancang untuk mendeteksi konsentrasi rendah dari emas (rentang ppb), dalam kebanyakan material-material geologi, dan the classical fire assay dengan estimasi gravimetric dari kandungan emas sekarang disimpan untuk menentukan kadar-bijih disebabkan batas sensitivitasnya (rentang ppm). Metoda baru dari eksplorasi emas

(hydro dan biochemistry) memerlukan teknik analisis dengan sensitivitas yang sangat rendah (0,1 ppb pada tanaman dengan INAA; 1ppt pada contoh air dengan NAA dan GF-AAS), juga dengan teknik preparasi contoh yang khusus.

Eksplorasi Geofisika

Disebabkan karena tubuh-tubuh epitermal secara alamiah bentuknya sangat bermacam-macam host rocks (batuan induknya) dan structure settings-nya (kedudukan strukturnya), hal ini tidak memungkinkan untuk membuat prediksi secara umum mengenai ciri-ciri secara geofisika. Akan tetapi, pengenalan yang baik dari geologi regional dan lokal, pengertian yang jelas dari objektifnya survey, dan penafsiran yang hati-hati dari data adalah sangat diperlukan untuk penggunaan yang bermanfaat dari geofisika dalam eksplorasi emas epitermal.

Seperti yang telah didiskusikan oleh Irvine dan Smith (1990) pengaruh dari ubahan hidrotermal yang berasosiasi dengan endapan emas epitermal berbeda dari satu prospek ke prospek yang lainnya, tergantung dari faktor-faktor seperti umur geologi, tipe batuan, asal dari fluida hidrotermal dan tingkat erosinya. Dalam kebanyakan kasus ada perubahan yang signifikan dalam parameter fisiknya yang dapat terdeteksi oleh teknik-teknik geofisika.

Teknik-teknik geofisika adalah sangat berharga pada tahap pendahuluan, regional dan rinci dalam eksplorasi endapan emas. Objektifnya mungkin bervariasi dan termasuk dalam aspek-aspek berikut:

- Penyelidikan Pendahuluan

Bila eksplorasi untuk emas dimulai di suatu fisiografi, metalogenik atau lingkungan tektonik yang baru, mungkin terlalu dini untuk memulai suatu penyelidikan yang sistematis, akan tetapi penyelidikan dalam scope regional, tanpa memperoleh beberapa pengetahuan dasar dari respon geofisika di daerah ini. Seperti yang dinyatakan oleh Paterson dan Hallof (1991) fase ini disebut "orientasi" dan akan termasuk penentuan nilai-nilai (signatures) geofisikanya dari satuan litostratigrafi yang signifikan dan struktur daerahnya dan sifat-sifat fisiknya (contohnya susceptibilitas magnetik, densitas, konduktivitas listrik dari litologi-litologi yang mewakilinya dan bila tersedia bijihnya. Orientasi airborne dan/atau penyelidikan darat harus diikuti oleh pengamatan singkapan lapangan yang lebih dekat disekitar anomali-anomali yang dipilih dan mewakili. Prosedure ini dinamakan oleh Paterson dan Hallof (1991) sebagai "ground truth". Berdasarkan pengetahuan ini, suatu program geofisika yang masuk akal dapat direncanakan.

- Penyelidikan Regional

Penyelidikan regional adalah secara biasa yang telah direncanakan untuk melokalisasi lingkungan-lingkungan yang bersekala regional seperti: jalur-jalur greenstone, intracratonic basin margin, zona-zona rift, plate boundaries dan pola-pola sesar regional (Paterson dan Hallof, 1991).

Magnetik dan penyelidikan gaya berat udara (airborne) adalah yang paling membantu pada tahap ini. Data yang demikian tersedia pada daerah yang luas atau lingkungan yang belum terpetakan., atau dapat diperoleh dengan harga yang pantas jika diperlukan. Program-program yang khusus yang demikian adalah penyelidikan magnetik udara jalur-jalur greenstone di Australia Barat oleh Australian Bureau of Mineral Resources (Edward dan Atkinson, 1986).

Penyelidikan regional sering dilaksanakan dengan kombinasi penyelidikan magnetik dan EM, dengan dua objektifitas yaitu langsung melokalisir tubuh-tubuh sulfida masif dan memetakan struktur geologi dan litologinya. Palacky (1989) telah mendemonstrasikan peranan airborne EM dalam mengidentifikasi litologi dengan kualitas yang baik (virtue) dari signatures konduktivitas yang dihasilkan oleh pelapukan dipermukaan. Paterson dan Hallof (1991) telah menunjukkan bahwa sistem EM yang mempunyai band-lebar, baik yang Fixed-Wing maupun yang dipasang di helikopter, sekarang digunakan secara rutin untuk melokalisasi kenampakan-kenampakan yang konduktif seperti zona-zona shear utama dan zona-zona ubahan argilik. Penemuan dari endapan emas epitermal Hishikari yang kaya adalah dikarenakan penggunaan teknik ini yang berhasil.

Selanjutnya, Paterson dan Hallof (1991) telah menyarankan penggunaan kombinasi penyelidikan magnetik udara dan VLF-EM pada tahap awal dalam melokalisir target-target emas, karena mereka dapat dilaksanakan pada skala regional atau rinci, biasanya pada jarak lintasan yang kecil dari 100 m. Selain dari itu juga bahwa dengan menggunakan pendekatan ini ongkosnya relatif rendah, hal ini yang menyebabkan digunakannya metoda VLF ini secara luas di daerah-daerah dimana respon VLF tidak terselimuti oleh konduktivitas permukaan yang tinggi.

- Penyelidikan Rinci

Eksplorasi rinci berbeda dari regional terutama dalam skala penelitian, program-program yang khusus yang berada pada kualitas ukurannya (beberapa km² sampai beberapa puluh km²). Seperti juga yang disarankan oleh Paterson dan Hallof (1991) penyelidikan mungkin airborne (udara) atau darat tergantung

pada teknik yang digunakan, lingkungannya, dan targetnya. Program-program penyelidikan udara yang khusus adalah kombinasi magnetik udara helikopter, penyelidikan EM dan VLF dari 300-1000 line km didarat, penyelidikan IP, gaya berat dan CSAMT dengan order 200-200 line km adalah umum. Fase terakhir dari semua program-program ini adalah hampir tidak berubah berupa suatu penyelidikan geofisika darat yang rinci, diikuti oleh trenching (pembuatan parit) atau pengeboran.

Dikarenakan seringnya emas berasosiasi dengan sulfida, metode IP dan tahanan jenis telah mendukungnya dibanyak lingkungan (Reed, 1989). Akan tetapi, beberapa keterdapat-an emas tidak mempunyai suatu hubungan dengan sulfida dan hanya dapat dilokalisir oleh hubungannya dengan struktur dan/atau ubahan hidrotermal (Paterson dan Hallof, 1991).

Irvine dan Smith (1990) juga telah menunjukkan bahwa sejumlah metode geolistrik dan EM yang berbeda telah digunakan pada eksplorasi emas epitermal, termasuk tahanan jenis, IP, CSAMT, tahanan jenis VLF, frekuensi dan transient electromagnetics (FEM dan TEM). Targetnya mungkin zona ubahan hidrotermal yang konduktif yang menyelimuti endapannya, atau menutupi diatasnya seperti yang di Hishikari (Izawa, dkk., 1990), atau mungkin vein-vein kuarsa yang resistif tinggi mereka sendiri, atau zona-zona silifikasi yang berkaitan. Modriniak dan Marsden (1938) telah melihat bahwa zona-zona ubahan propilik yang intensif (berisi vein-vein pembawa emas yang terkenal) di Waihi New Zealand adalah dapat dideteksi oleh geolistrik.

IP telah digunakan dalam eksplorasi untuk endapan epitermal tipe sulfur yang tinggi, dan banyak endapan tipe sulfur yang rendah (Bonhan, 1988) juga mengandung sulfida yang cukup untuk membuat mereka menjadi target IP.

CSAMT memberikan kontribusi didalam penemuan budi bijih di Hishikari di Jepang (Kawasaki, dkk., 1986), dan telah digunakan secara meningkat pada tahun terakhir ini di New Zealand dan Jepang untuk eksplorasi emas epitermal (Austpac, 1988).

Pengindraan Jauh

Teknik pengindraan jauh semakin canggih, aplikasinya terhadap eksplorasi mineral juga semakin meningkat. Foto geologi altitude rendah dan tinggi membantu memetakan struktur dan tipe batuan, juga tipe ubahan (Nash, dkk., 1981).

Seperti yang telah didiskusikan oleh Reid dan Hedenquist (1984) dalam Krohn's work pada tahun 1984 dalam spectra batuan, dan pengaruhnya terhadap mineral ubahan, me-

nunjukkan pada metode baru dalam eksplorasi. Misalnya, Krohn menentukan bahwa the visible near-infrared (0,4 μm - 2,5 μm) dan mid-infrared (2,5 μm - 25 μm) spectra batuan disekitar lima endapan emas disseminated dan endapan perak di Nevada dan Idaho mempunyai pola-pola yang dapat dipetakan. Tanda-tanda yang dapat dikenali dari spectra ini dengan pengecekan contoh didarat dari bermacam-macam endapan termasuk : (1) Sedimen karbonat sebagai batuan induk, (2) hadirnya organic matter didalam batuan induknya, (3) ubahan hidrotermal oleh silifikasi dengan beberapa argillitisasi, (4) a spatial association dengan suatu intrusi batuan beku, (5) adanya retas-retas yang saling memotong, (6) asosiasi dengan sesar yang dippingnya sangat curam, (7) a spatial association dengan endapan-endapan mata airpanas, dan (8) ubahan pada beberapa kasus terhadap kalk-silika.

Di Australia Barat seperti telah dibahas oleh Edwards dan Atkinson (1986), esplorasi pendahuluan langsung diarahkan kearah pemetaan basal, gabro, dan formasi besi dalam jalur-jalur greenstone, karena litologi-litologi ini umumnya merupakan hostnya mineralisasi emas. Penafsiran foto udara digunakan untuk membantu keefektifan dari pemetaan geologi yang kadang-kadang terhambat oleh buruknya singkapan. False colour fotografi memberikan perbedaan lateritic terrain dan dapat membedakan batuan ultrabasic dan batuan felsic dengan menggunakan perbedaan karakteristik tonal.

STUDI KASUS

Sejumlah endapan-endapan epitermal telah dipelajari secara intensif dan dilaporkan dalam literatur. Salah satu penemuan dari endapan epitermal akan didiskusikan untuk menggambarkan endapan emas epitermal di Indonesia yaitu: endapan emas Kelian di Kalimantan, Indonesia.

Kelian, Kalimantan, Indonesia

Kelian adalah salah satu dari sejumlah endapan-endapan emas yang terdapat pada batuan induk vulkanik Tersier yang telah diketemukan pada suatu jalur yang panjangnya 400 km dengan strukturnya berarah timurlaut dipedalaman Kalimantan. Endapan ini terdiri dari dua tubuh bijih, yaitu Prampus Barat dan Timur, dan empat zona mineralisasi kecil, dan mempunyai suatu potensi sumber daya (cadangan) gabungan +75 Mt pada kadar Au 1,8 g/t. menjadikan Kelian sebagai endapan emas terbesar yang diketahui di Indonesia (Van Leeuwen, dkk., 1990).

Endapan emas ini diketemukan pada tahun 1976 pada saat melanjutkan pekerjaan pencarian emas aluvial di Sungai Kelian, dengan

menggunakan teknik yang tradisional yaitu stream sediment, pan concentrate, rock float dan outcrop sampling. Selanjutnya penyelidikan rinci meliputi, pengambilan contoh tanah, trenching, pengeboran auger dalam, penyelidikan magnetik darat, IP dan 60.000 meter pengeboran diamond

Secara geologi endapan ini terdiri dari sederetan endapan piroklastik silisik yang gradasinya mengkasar keatas ke suatu lapisan sedimen berumur Eosen Atas. Lapisan sedimen ini telah mengalami perlipatan dan persesarkan di sepanjang arah utara dan arah timurlaut dan diintrusi oleh sejumlah tubuh-tubuh andesit subvolkanik dan trachy-andesitik pada Miosen Bawah. Selanjutnya, setelah penempatan (emplacement) andesit, terbentuklah suatu sistem hidrotermal dan mengakibatkan terjadinya ubahan yang intensif, mineralisasi dan breksiasi hidrotermal. Bagian yang terawetkan dari sistem ini seluas 1 km², dan mempunyai pelamparan vertikal paling sedikit 600 m. Dari data pengukuran umur radiometri umurnya dapat diketahui sekitar 20 Ma untuk batuan ubahannya. Gambar 1 memperlihatkan geologi dari endapan emas epitermal Kelian. Termasuk juga didalamnya mineralisasi epitermal yang signifikan di G. Muro dan G. Masuparia.

Pada skala peta endapan emas di daerah ini, mineralisasinya terjadi pada tepi tubuh andesit yang mengintrusi satuan endapan piroklastik Eosen. Mineralisasi terdapat pada batuan andesit, tufa yang terkekarkan dan pada bermacam macam breksi mulai dari breksi volkanik dan breksi intrusi sampai breksi-breksi hidrotermal yang didukung oleh fragmen-fragmen. Ubahannya sangat intensif. Kumpulan Klorit-karbonat-serisit terawetkan dalam tubuh-tubuh andesit yang besar. Sedangkab pada zona-zona bijih Prampus Timur dan Barat, ubahan terjadi dalam tahapan berikut: serisit - pirit, kuarsa serisit adularia - pirit, karbonat - pirit- logam dasar. Ubahan ini ditutupi oleh lapisan kaolin + Fe Mn karbonat yang tersebar luas. Adularianya diketahui umurnya 20,2 +/- 0,3 Ma (Henley, 1991).

Mineralisasinya berasosiasi erat dengan pirit, yang menghasilkan beberapa persen bijih, dan hadir sebagai suatu diseminasi atau stockwork yang halus diseluruh tubuh bijihnya. Sulfida lainnya termasuk sphalerit, galena dan sejumlah kecil kalkopirit, tenantit-tetrahedrit, cinabar dan arsenopirit. Secara umum emasnya telah dianalisis secara mikrokopis dari sayatan polesnya dan umumnya berasosiasi dengan kumpulan karbonat- logam dasar sulfida sebagai inklusi atau pembatas butiran. Akan tetapi, kebanyakan emasnya adalah submikroskopis, kemungkinan ber-asosiasi dengan pirit (Henley, 1991). Fluid inklusi darimineral kuarsa, sphalerit

dan karbonat memberikan suhu sekitar 270-3100C dan umumnya salinitasnya rendah, mulai dari 0,5 sampai 4,2 wt.% ekuivalen NaCl.

Seperti yang disarankan oleh Van Leeuwen (1990) bahwa Kelian mempunyai afinitas mineralisasi berupa (styles) porpiri dan epitermal, dan mungkin mewakili suatu tipe endapan transisi.

KESIMPULAN

Endapan emas epitermal adalah hasil dari sistem hidrotermal yang berskala besar di lingkungan volkanik. Dalam suatu sumber panas magmatik, suatu sumber airtanah dalam, metal dan penurunan sulfur, dan zona-zona rekahan yang regas di kerak bumi bagian atas adalah material-material yang paling penting. Karena material-material ini tersedia sepanjang sejarah kerak bumi, dengan demikian tidak ada pembatasan dalam umurnya. Pencampuran dari material-material ini menyebabkan terbentuknya endapan-endapan emas epitermal.

Dari bukti-bukti tubuh-tubuh batuan dilapangan dan data geokimia bahwa magma-magma ldbagian atas adalah sumber emas dari sistem emas epitermal, juga sebagai sumber dari sulfur yang diperlukan untuk men-trasportasi emas. Perbedaan antara wujud (styles) endapan mungkin berkaitan dengan kedalaman dari intrusinya. Maka wujud (style) endapan alunit-kaolinit adalah berasal dari degassing magma-magma level atas, dengan aliran hidrotermal yang kemudian didorong oleh sistem magma yang dalam dan besar. Sedangkan, bentuk sistem adularia-sericite adalah aslinya berasal dari tubuh magma yang dalam kemudian degassing kedalam sistem airtanah dalam diatasnya. Konveksi airtanah dalam berfungsi untuk menyebarkan fluida magma. Pada sistem yang permeabilitasnya tinggi seperti ti Broadlands, New Zealand, endapan emas diseminasi kadar rendah terjadi karena penyebaran yang sangat kuat. Sedangkan pada batuan induk yang permeabilitasnya rendah, hal ini disebabkan oleh kontrol struktur utamanya, aliran airtanah dalam dan lokasi fluida terhadap tempat pengendapannya pada level yang tinggi (Contohnya Hishikari, Jepang). Breksiasi yang ektensif sebagai suatu hasil dari proses magmatik, dalam beberapa hal berasosiasi dengan stuktur-struktur regional yang utama, dengan demikian nampaknya memberikan suatu lingkungan yang optimal (contohnya di Kelian Indonesia).

Dalam beberapa kasus, program eksplorasi yang modern telah dilaksanakan diberbagai macam lingkungan epitermal, secara regional maupun rinci. Pengindraan jauh, geokimia, geologi dan geofisika adalah metode-metode

yang paling utama yang digunakan dalam eksplorasi endapan emas epitermal. Penggunaan dari metode-metode ini menyebabkan pada penemuan endapan emas yang terkenal seperti Hishikari, di Jepang ; Kelian, di Indonesia dsb.

Akan tetapi lingkungan epitermal karakternya adalah sangat beragam, karena bermacam-macam proses fisika dan kimia terjadi didalam suatu kompleks dan lingkungan geologinya. Oleh karena itu, kenampakan yang teramati, dan hubungan ruangnya, bervariasi sangat luas. Tetapi tema intinya yang mencirikan semua endapan epitermal adalah proses-proses yang terjadi dalam pembentukannya. Oleh karena itu, perbedaan dari kenampakan yang ada dan signifikannya dalam eksplorasi, hanya dapat dimengerti dengan bantuan konsep yang sangat dimengerti dalam proses-proses yang terjadi pada sistem hidrotermal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tinjauan ini tidak akan dapat diselesaikan tanpa dorongan dan entusiasi dari kepala Pusat Sumber Daya Geologi dan Ketua KPP Bawah Permukaan.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Dr. Ir. Hadiyanto M.Sc dan Drs. Harapan Marpaung M.Sc yang telah memberikan fasilitas dan kesempatan dalam penerbitan tinjauan ini.

Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada Team editor Buletin Sumber Daya Geologi atas kesabaran, bimbingan, keyakinan, dan perbaikannya dalam persiapan awal dari tinjauan ini.

Kepada semua rekan sejawat yang secara terus menerus memberikan dorongan dan kontribusi dalam penulisan tinjauan ini.

ACUAN

- Auspec Gold N.L., 1988. Annual report for 1988. Auspac gold N.L., GPO Box 5297, Sydney, NSW 2001, Aust. 49 p.
- Berger, B.R., dan Eimon, P.I., 1983. Conceptual models of epithermal precious metal endapans. Di dalam: Shanks, W.C., (ed.). Cameron volume on unconventional mineral endapans, pp. 191-205. Am Inst. Mining Metal Petroleum Engineers, New york.
- Bonham, H.P., 1988. Model for volcanic-hosted epithermal precious metal endapans. Di dalam : Scafer, R.W., Cooper, J.J., dan Vikre, P.G., (eds.) Bulk mineable Precious Metal Endapans of the Western United States, Symp. Proc. Reno, Nevada Geol. Soc. Nevada, 259-271.
- Craig, J.R., dan Vaughan, D.J., 1981. Ore Microscopy and Ore Petrography. John Wiley & Sons, New York, 406 p.
- Edwards, R., dan Atkinson, K., 1986. Ore Endapan Geology: and its influence on mineral exploration. Chapman and Hall Ltd., London, 143-173.
- Evan, A.M., 1987. An Introduction to Ore Geology. A Geoscience Text, 2nd edition, Blackwell Scientific Publication, Melbourne, 358 p.
- Giles, D.L., dan Nelson, C.E., 1984. Principal features of Epithermal Lode Gold Endapans of the Circum Pacific Rim. Circum Pacific Energy and Mineral Resources Conf., 3rd, Honolulu, Hawaii, August 22-28, 1982, Trans., 273-278.
- Hall, G.E.M., dan Bonham-Carter, G.F., 1988. Review of methods to determine gold, platinum and palladium in production-oriented geochemical laboratories, with application of a statistical procedure to test for bias. J. Geochem. Explor., 30, 1-27.
- Heald, P., Foley, N.K., dan Hayba, D.O., 1987. Comparative anatomy of volcanic-hosted epithermal endapans: Acid-sulfate and adularia-sericite types. Econ. Geol., 82, 1-27.
- Henley, R.W., 1991. Epithermal gold endapans in volcanic terranes. Di dalam: Foster, R.P., (ed.). Gold Metallogeny and Exploration. pp. 133-164. Blackie, Glasgow and London.
- Irvine, R.J., dan Smith, M.J., 1990. Geophysical exploration for epithermal gold endapans. J. Geochem. Explor., 36, 375-412.
- Izawa, E., Urashima, Y., Ibaraki, K., Suzuki, R., Yokoyama, T., Kawasaki, K., Koga, A., dan Taguchi, S., 1990. The Hishikari gold endapan: high-grade epithermal veins in Quarternary volcanic soputhern Kyushu, Japan. J. Geochem. Explor., 36, 1-56.

- Kawasaki, K., Okada, K., dan Kubota, R., 1986. Geophysical Survey in the Hishikari area. *Min. Geol.*, 36, 131-147.
- Keays, R.R., dan Scott, R.B., 1976. Precious metal in ocean ridge basalt: Implication for basalt as source rocks for gold mineralisation. *Econ. Geol.*, 71, 705-720.
- Lindgren, W., 1933. *Mineral Endapans*. McGraw-Hill Book Company, 4th Ed., 930 p.
- Modriniak, N., dan Marsden, E., 1938. Experiment in geophysical survey in New Zealand. *Geol. Mem.* 4, Dep. Sci. Ind. Res., Wellington, New Zealand, pp. 67-72.
- Nash, G.T., Granger, H.C., dan Adam, S.S., 1981. Geologi and concepts of genesis of important types of uranium endapans. *Econ. Geol. 75 th Anniv. Vol.*, 63-116.
- Palacky, G.J., 1988. Resistivity characteristics of geological targets: Electromagnetic methods. Di dalam: Habighian, M.N., (ed.). *Applied Geophysics, Soc. Explor. Geoph. Tualsa*, 29-91.
- Paterson, N.R., dan Hallof, P.G., 1991. Geophysical exploration for gold. Di dalam: Foster, R.P., (ed.), *Gold Metallogeny and Exploration*, 350-359. Blackie and Sons Ltd., Glasgow.
- Reed, L.E., 1989. Geophysics in gold exploration. Di dalam: Garland, G.D., (ed.). *Proc. Explor.*, 87, Ontario Geol. Surv., Spec., 3, 473-485.
- Reid, F., and Hedenquist, J.W., 1984. Epithermal Gold: Models for exploration. The earth resources foundation, Sydney Univ., 222 p.
- Schmitt, H., 1950. Origin of the "epithermal" mineral endapans. *Econ. Geol.*, 45, 191-201.
- Taylor, G.H., Coste, B., Lambert, A., dan Zeegers, H., 1989. Geochemical signature (bedrock and saprolite) of gold mineralization and associated by hydrothermal alteration at Dorlin, French Guyana (extended abstract). *J. Geochem. Explor.*, 32, 59-60.
- Van Leeuwen, T.M., Leach, T., Hwke, A.A., dan Hawke, M.M., 1990. The Kelian disseminated gold endapan, east Kalimantan, Indonesia: An example of deeply eroded epithermal System. Di dalam: Hedenquist, J.W., White, N.C., and Siddeley, G., (eds.). *Epithermal Gold Endapans of Circum-Pacific. Geology, Geochemistry, Origin and Exploration*, I. *J. Geochem. Explor.*, 35, 1-61.
- White, D.E., dan Hedenquist, J.W., 1990. Epithermal environments and styles of mineralization: variations and their causes, and guidelines for exploration. *J. Geochem. Explor.*, 36, 445-474.
- Worthington, J.E., dan Kiff, I.T., 1970. A suggested volcanogenic origin for certain gold endapans in the slate belt of the North Carolina Piedmont. *Econ. Geol.*, 65, 529-537.
- Wyborn, D., 1988. Ordovician magmatism, gold mineralization and an integrated tectonic model for the Ordovician and Silurian history of the Lachlan Foldbelt in New South Wales. Bureau of Mineral Resources, Canberra, Aust., Res. Newsletter, 8, 13-14.
- Zeegers, H., dan Leduc, C., 1991. Geochemical exploration for gold in temperate, arid, semi-arid, and rain forest terrains. Di dalam: Foster, R.P., (ed.). *Gold Metallogeny and Exploration*, pp. 309-331. Blackie and Son Ltd., Glasgow

Tabel 1.
Karakteristik umum dari endapan-endapan epitermal
(Setelah Lindgren, 1933). Dari Evans, 1987.

Tabel 1. Karakteristik umum dari deposit epitermal (Setelah Lindgren, 1933). Dari Evans, 1987

Depth of formation	Near surface to 1500 m
Temperature of formation	50–200°C
Occurrence	In sedimentary or igneous rocks, especially in or associated with extrusive or near surface intrusive rocks, usually in post-Precambrian rocks not deeply eroded since ore formation. Often occupy normal fault systems, joints, etc.
Nature of ore zones	Simple veins—some irregular with development of ore chambers—also commonly in pipes and stockworks. Rarely formed along bedding surfaces. Little replacement phenomena
Ores of	Pb, Zn, Au, Ag, Hg, Sb, Cu, Sc, Bi, U
Ore minerals	<i>Native Au now often Ag-rich</i> , native Ag, Cu, Bi. Pyrite, <i>marcasite</i> , <i>sphalerite</i> , <i>galena</i> , chalcopyrite, <i>cinnabar</i> , jamesonite, <i>stibnite</i> , <i>realgar</i> , <i>orpiment</i> , <i>ruby silvers</i> , <i>argentite</i> , <i>selenides</i> , tellurides
Gangue minerals	SiO ₂ as <i>chert</i> , <i>chalcedony</i> or crystalline quartz—often amethystine, (sericite), low Fe chlorite, epidote, carbonates, fluorite, baryte, <i>andularia</i> , <i>alunite</i> , <i>dickite</i> , rhodochrosite, <i>zeolites</i>
Wall rock alteration	Often lacking, otherwise chertification, kaolinization, pyritization, dolomitization, chloritization
Textures and structures	Crustification (banding) very common, often with development of fine banding, cockade ore, vugs and brecciation of veins. Grain size very variable
Zoning	Type of mineralization may vary abruptly with depth, often having only a small vertical range (telescoping) mostly bottom at 300–900 m. Grade variable with occurrence of bonanzas within low grade ore
Examples	Au of Cripple Creek, Colorado; Comstock, Nevada; Keweenaw Coppers; Sb of China

Tabel 2. Eksplorasi geokimia untuk emas: ringkasan dari bermacam media sampling dan interval, ukuran pecahan diambil untuk analisis, respon geokimia Au yang diperoleh, dan unsur-unsur pandu yang signifikan, dalam hubungannya dengan bermacam lingkungan iklim dan morfologi (Dari Zeegers dan Leduc, 1991).

GEOCHEMICAL EXPLORATION FOR GOLD

Table 10.3 Geochemical exploration for gold: summary of different sampling media and intervals, size fractions retained for analysis, Au geochemical responses obtained, and significant pathfinder elements, in relation to various climatic and morphological environments

Ref.	Climate	Relief	Stage of exploration	Sampling media	Sampling Interval	Size fraction	Au response	Pathfinders
(1)	Temperate	Low	REGIO	SS	2-3/km ²	<125 μm	None	(+)As, Li, B
(1)	Temperate	Low	REGIO	HC	1/km		Good	
(1)	Temperate	Low	DETAIL	SO	50x100 m, 50x200 m	<125 μm	Good	(+) As, Pb, Sb, W
(1)	Temperate	Low	PRE-D	WR, RO	5, 10, 20 m	Total	Good	
(2)	Temperate	Moderate	DETAIL	SO	100x25 m	<125 μm	Good	(+)As, Li, B
(3)	Temperate	Moderate	REGIO	HC	1/km ²		Good	
(3)	Temperate	Moderate	DETAIL	SO		<63 μm	Good	(+)As, Hg
(4)	Temperate	Moderate	DETAIL	SO	10 m		Good	(+)As, Ag, Hg, Sb, W (-)Ca, Mg
(5)	Arid	Low	REGIO	SS	2/km ²	<80 μm	Good	
(5)	Arid	Low	DETAIL	SO	50, 100 m	<80 μm	Good	
(6)	Arid	Low	REGIO	PL	1/km ²	Total	Good	(+)As, Bi, Sb, Mo, Ag, Sn, Ge, W Se
(7)	Savanna	Low	REGIO	SO, SS	1600x500 m	<125 μm	Good	(+)B
(8)	Savanna	Low	REGIO	SO	300x500 m	Total	Good	(+)Cu, Zn, Mo
(9)	Rainforest	Moderate	REGIO	SS	1.5/km ²	<125 μm	Good	
(9)	Rainforest	Moderate	REGIO	HC	0.5/km ²		Good	
(10)	Rainforest	Moderate	DETAIL	SO	100x200 m	>125 μm	Poor	
(10)	Rainforest	Moderate	PRE-D	SA	10 m	Total	Good	
(11)	Rainforest	Moderate	PRE-D	SA	5, 10 m	Total	Good	(+)Ag, Mo, Pb, Si (-)Fe, Ti, Sr
(12)	Rainforest	Moderate	PRE-D	SA	10, 20 m	Total	Good	(+)As, B, Sb, Cu, K, Mg

Exploration stage: REGIO, regional; DETAIL, detailed; PRE-D, pre-drilling.

Sampling media: SS, stream-sediments; HC, heavy concentrates (with determination of visible gold); SO, soils; PL, pisolithic laterite; SA, saprolite; WB, weathered bedrock; RO, bedrock.

Pathfinder elements: (+) enriched; (-) depleted.

Reference: (1) Vasquez-Lopez *et al.* (1987); (2) Braux *et al.* (1989); (3) Janatka and Moravek (1987); (4) Chaffee and Hill (1989); (5) Salpéteur and Sabir (1989); (6) Smith *et al.* (1989); (7) Dommanget *et al.* (1987); (8) Ouedraogo (1988); (9) Barthélémy *et al.* (1987); (10) Colin and Lecomte (1988); (11) Zeegers (1987); (12)

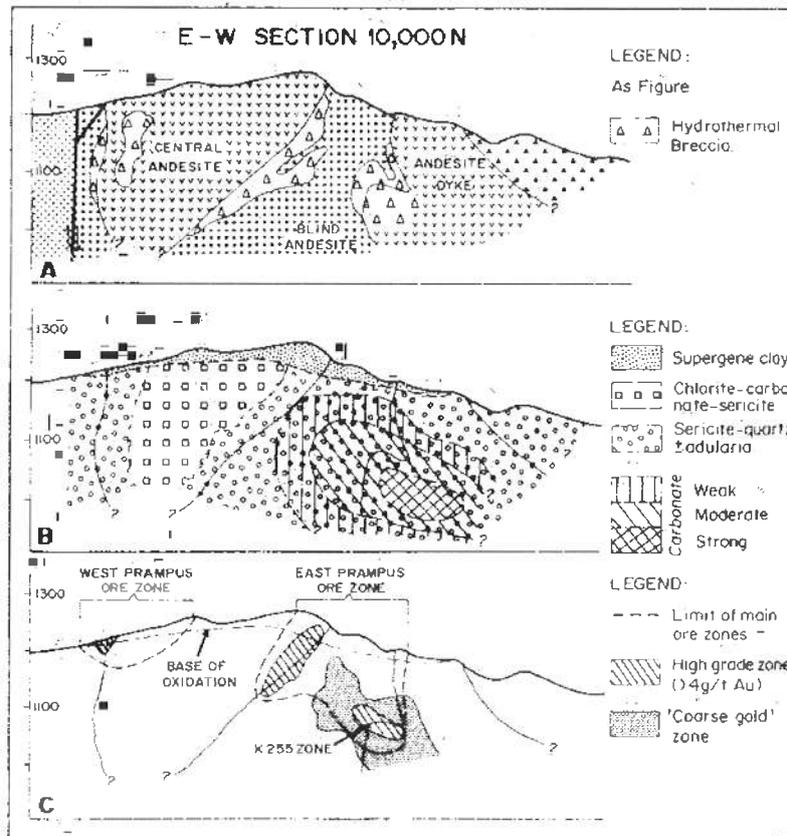
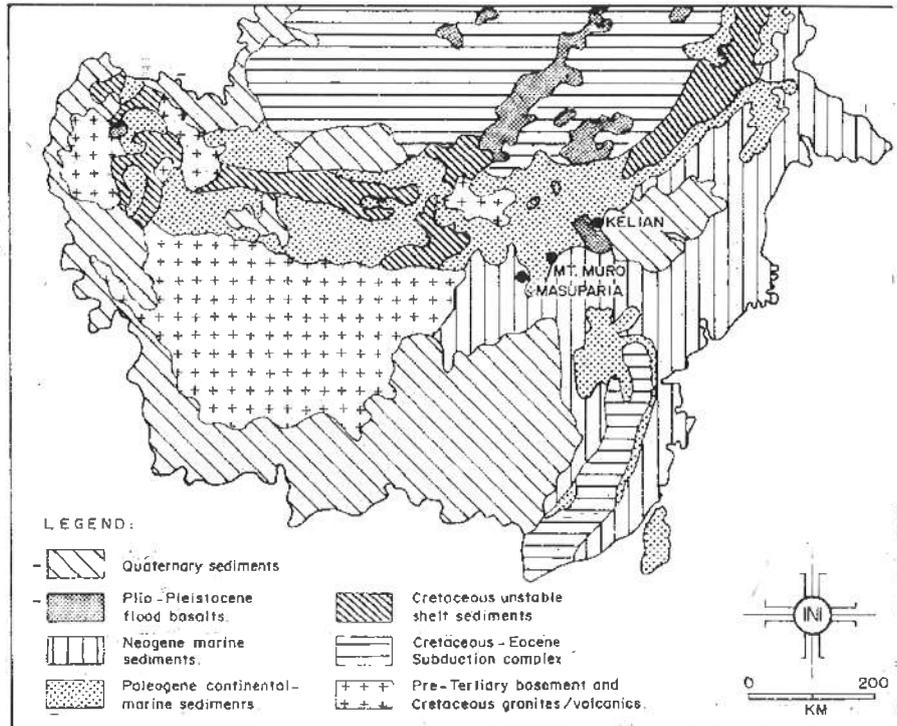
Tabel 3.
Metode yang umum digunakan untuk menentukan emas dalam material-material geologi. (Dari Zeegers dan Leduc, 1991)

Table 10.4. Methods in common use to determine gold in geological materials

Decomposition	Analysis	Detection limit (ppb)	Mass, (g)
Pb-FA	F-AAS	5	10-30
	DCP- or ICP-ES	1	20
	NAA	1	20
	ICP-MS	1	10
	ICP-AFS	2	20
NiS-FA	NAA	1	25
	ICP-MS	1	25
AR or HBr-Br ₂	GF-AAS	1	10
	INAA	5	10-30

Explanation: Pb-FA, lead fire assay; NiS-FA, nickel sulphide fire assay; AR, aqua regia; F-AAS, flame atomic absorption spectrometry; GF-AAS, graphite furnace atomic absorption spectrometry; ICP, inductively coupled plasma; DCP, direct current plasma; ES, emission spectrometry; MS, mass spectrometry; AFS, atomic fluorescence spectrometry; NAA, neutron activation analysis; INAA, instrumental neutron activation analysis. (From Hall and Bonham-Carter, 1988.)

GOLD METALLOGENY AND EXPLORATION



Gambar 1. Endapan Kelian, Kalimantan, Indonesia. (a) geologi dan lokasi dari zona-zona bijih, Kalimantan. (b) Penampang memperlihatkan geologi, mineralisasi dan alterasi di endapan Kelian. (Dari Van Leeuwen dkk., 1990).

KOMODITAS EKONOMI PADA LINGKUNGAN ENDAPAN BATUBARA

Oleh:

SS Rita Susilawati dan Sabtanta Joko Suprpto

Bidang Program dan Kerja Sama

Pusat Sumber Daya Geologi

SARI

Batubara dikenal sebagai salah satu barang tambang yang bernilai ekonomi tinggi. Bersamaan dengan keterdapatannya batubara, bisa pula dijumpai komoditi lain yang kemungkinan memiliki nilai ekonomi untuk diusahakan bersama-sama dengan perusahaan batubara. Sebagai contoh, gas methane yang terperangkap dalam pori-pori lapisan batubara, telah terbukti memiliki nilai ekonomi. Eksplorasi gas methane memberikan keuntungan tidak hanya karena menghasilkan sumber energi yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan batubara, tetapi juga dapat mengurangi kemungkinan terjadinya ledakan dalam tambang bawah tanah. Selain gas methane, sisa pembakaran batubara berupa abu batubara, sebaiknya tidak selalu diperlakukan sebagai sampah, karena abu tersebut kemungkinan bisa dimanfaatkan untuk bahan baku dalam industri semen, campuran beton, dan batako.

Dalam eksplorasi batubara, perhatian sebaiknya juga diberikan pada komoditas ekonomi lainnya yang kemungkinan ditemukan bersamaan dengan keterdapatannya batubara. Sehingga keberadaan seluruh potensi ekonomi bahan tambang yang ada dapat dimanfaatkan secara optimal.

ABSTRACT

Coal has been known as one of highly economic mining commodity. Along with coal deposit, there might also be occurred other potential commodities associated with coal. For example, methane gas which is trapped in the internal pore of coal bed has been shown to have economic value. Methane gas exploration gives benefit, not only as an energy resources which is considered environmentally more friendly than coal but also could reduce the possibility of explosion in underground coal mine. Other than methane, coal ash, should not only be treated as a waste product, because of its possibility to be used as a raw material in cement, 'batako' and concrete industries.

In coal exploration, focus should also be given to the occurrence of other economic commodities which is

PENDAHULUAN

Di Indonesia, bahan galian batubara, dijumpai dalam jumlah yang sangat besar. Potensi besar batubara terdapat di Pulau Sumatera dan Kalimantan. Batubara terbentuk cenderung berselingan dengan peralihan lapisan sedimen yang lain.

Di dalam suatu sekuen endapan batubara, selain batubara itu sendiri yang bernilai ekonomi, bisa pula dijumpai bahan galian atau mineral ikutan yang bernilai ekonomi. Sebagai contoh, gas metan yang terkandung di dalam batubara, dalam kondisi tertentu kemungkinan juga memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi sumber energi ramah lingkungan. Batulempung yang biasanya berselingan dengan lapisan

batubara merupakan mineral non logam yang biasa ditambang untuk dijadikan bahan baku untuk beberapa jenis industri. Disamping itu kandungan mineral tertentu di dalam batubara, ketika terbakar dan menjadi abu dapat dimanfaatkan sebagai campuran bahan baku untuk beberapa industri.

Pengembangan potensi batubara mulai dari tahapan eksplorasi sampai eksploitasi sebaiknya memperhitungkan keberadaan komoditas berpotensi ekonomi lainnya yang kemungkinan terkandung di dalam batubara ataupun berada bersamaan dengan keterdapatannya batubara. Oleh karena itu, pada saat eksplorasi batubara, sebaiknya juga dilakukan inventarisasi data potensi komoditas lain selain endapan batubara. Data yang diperoleh selain dijadikan dasar dalam

penanganan batubara pada tahap eksploitasi, sebaiknya juga dipertimbangkan sebagai dasar penanganan atau pengelolaan potensi ikutan lainnya selain batubara.

Pemanfaatan batubara dengan mempertimbangkan seluruh komoditas yang terkandung maupun berasosiasi dengan batubara, diharapkan akan menghasilkan nilai tambah dan hasil yang lebih optimal. Selain itu, bahan yang berpotensi menyebabkan degradasi lingkungan, juga perlu ditangani untuk mengurangi dampak negatif dari penggunaan batubara.

PEMBENTUKAN BATUBARA

Batubara adalah salah satu bahan bakar yang berasal dari fosil tumbuhan. Pengertian umumnya adalah batuan sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik, utamanya adalah sisa-sisa tumbuhan dan terbentuk melalui proses pembatubaraan (coalifikasi). Unsur-unsur utamanya terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen (wikipedia).

Proses pembatubaraan atau proses pembentukan batubara, diawali oleh adanya pertumbuhan tanaman pembentuk batubara di lingkungan rawa-rawa. Tumbuhan tersebut kemudian mati dan terbenam. Tumbuhan baru hidup dan mati. Pada akhirnya sisa-sisa tumbuhan yang mati tersebut membentuk suatu lapisan, yang kemudian menghilang di bawah permukaan air dan terawetkan melalui proses biokimia.

Dalam proses biokimia, adanya aktifitas bakteri mengubah bahan sisa-sisa tumbuhan menjadi gambut (peat). Gambut yang telah terbentuk lambat laun tertimbun oleh endapan-endapan lainnya seperti batulempung, batulanau dan batupasir. Dengan perjalanan waktu yang mungkin berpuluh juta tahun, gambut ini akan mengalami perubahan sifat fisik dan kimia akibat pengaruh tekanan dan temperatur, sehingga berubah menjadi batubara. Pada tahap ini proses pembentukan batubara lebih didominasi oleh proses fisika dan geokimia. Sebagai gambaran untuk batubara dengan tebal $\pm 2m$, dibutuhkan lapisan sisa-sisa tumbuhan dengan ketebalan $\pm 60m$.

Selama proses pembentukan batubara, sejumlah besar air dihasilkan bersama-sama dengan gas. Pada proses pembatubaraan, gambut berubah menjadi batubara lignit, batubara bituminous sampai batubara antrasit. Proses perubahan dari gambut menjadi batubara dikenal dengan nama proses pembatubaraan. Peringkat atau tingkat kematangan batubara ini berhubungan langsung dengan temperatur, tekanan, kedalaman timbunan, gradien geotermal dan juga lamanya waktu pembebanan.

Batubara di Indonesia terbentuk dari endapan gambut pada iklim purba sekitar khatulistiwa yang mirip dengan kondisi saat ini. Secara umum, batubara Indonesia yang bernilai ekonomis dapat digolongkan kedalam batubara berumur Miosen serta batubara berumur Eosen. Kedua umur endapan batubara ini terbentuk pada lingkungan lakustrin, dataran pantai atau delta, mirip dengan daerah pembentukan gambut yang terjadi saat ini di daerah timur Sumatera dan sebagian besar Kalimantan.

Beberapa diantara endapan gambut purba yang menjadi cikal bakal batubara Indonesia saat ini, tergolong kubah gambut yang terbentuk di atas muka air tanah rata-rata pada iklim basah sepanjang tahun. Dengan kata lain, kubah gambut ini terbentuk pada kondisi dimana mineral-mineral anorganik yang terbawa air dapat masuk ke dalam sistem dan membentuk lapisan batu bara yang berkadar abu dan sulfur rendah serta menebal secara lokal. Hal ini sangat umum dijumpai pada batu bara Miosen. Sebaliknya, endapan batubara Eosen umumnya lebih tipis, berkadar abu dan sulfur lebih tinggi.

KOMPONEN PADA BATUBARA

Di dalam dunia industri, kualitas batubara ditentukan oleh komponen-komponen yang ada di dalamnya, yaitu:

Air (moisture)

Air (moisture) yang terkandung dalam batubara terdiri dari air bebas (free moisture) dan air tertambat (moisture in air dried sample). Air bebas adalah air yang terikat secara mekanik dengan batubara pada permukaan, dalam rekahan atau kapiler dan mempunyai tekanan uap normal.

Air tertambat adalah air yang terikat secara fisik dalam batubara pada struktur pori-pori bagian dalam, dan mempunyai tekanan uap lebih rendah dari pada tekanan normal. Kadar air tertambat dapat dipakai sebagai karakteristik dasar dari batubara, dimana kadar air tertambat bertambah besar dengan menurunnya peringkat batubara.

Batubara dengan kandungan air yang tinggi dianggap kurang begitu bagus kualitasnya karena cenderung menyerap panas selama pembakaran. Batubara jenis ini juga cukup sulit dalam penanganan dan trasportasinya. Kadar air tinggi juga bisa menurunkan nilai kalori dari batubara steam dan juga menurunkan jumlah karbon yang ada dalam batubara kokas.

Abu (ash)

Yang dimaksud dengan kandungan abu dalam batubara adalah bahan inorganik yang

tersisa setelah proses pembakaran batubara. Kandungan abu tidak sama dengan kandungan mineral matter dalam batubara. Kandungan abu mewakili kandungan mineral matter dalam batubara setelah kehilangan komponen volatilnya seperti CO₂, SO₂ dan H₂O, yang menguap pada saat proses pembakaran mineral karbonat, sulfida atau lempung.

Pada batubara steam, kandungan abu yang tinggi akan menurunkan nilai kalori batubara tersebut. Maksimum kandungan abu untuk batubara steam adalah sekitar 20% (air-dried). Sedangkan, kadar abu yang direkomendasikan untuk penggunaan batubara kokas adalah berkisar antara 10-20% (air-dried), karena semakin besar kandungan abunya akan semakin menurunkan efisiensi dari tungku pembakaran.

Zat terbang (Volatile matter)

Zat terbang dalam batubara mewakili semua komponen batubara (terkecuali air) yang terbebaskan pada temperatur tinggi pada kondisi tidak ada udara. Komponen zat terbang berasal dari fraksi organik dalam batubara dan juga sedikit dari fraksi anorganik.

Di dalam dunia industri besaran kandungan zat terbang bisa mempengaruhi efektifitas penggunaan batubara. Sebagai contoh, untuk pembangkit tenaga listrik, sebagian besar pembangkit didesain untuk batubara dengan kandungan zat terbang antara 20-25% (dry ash free). Tetapi dalam industri semen, tidak ada batasan besaran kandungan zat terbang. Dalam industri baja, kandungan zat terbang yang tinggi akan memperendah kualitas baja yang dihasilkan, sehingga batubara kokas yang paling baik untuk digunakan dalam industri baja adalah yang memiliki kandungan zat terbang 20-30% (air dried) walaupun dalam batubara dengan kisaran zat terbang 16-30% tetap dapat digunakan.

Karbon tertambat (Fixed Carbon)

Karbon padat/tertambat adalah karbon yang terdapat pada residu batubara setelah zat terbang terbebaskan. Kandungan karbon padat tidak ditentukan secara langsung tetapi melalui perhitungan. Kadar karbon padat ditentukan oleh kadar air, abu dan zat terbang. Kadar karbon padat adalah : 100% - %(air + abu + VM). Semakin tinggi peringkat batubara, semakin tinggi kadar karbonnya.

Unsur-unsur dalam batubara

Unsur-unsur penting yang terdapat dalam batubara diantaranya adalah karbon, hidrogen, oksigen, belerang dan nitrogen.

Kandungan karbon dan hidrogen menentukan peringkat batubara. Semakin tinggi kandungan karbonnya, semakin tinggi peringkat batubaranya. Karbon dan Hidrogen juga berperan dalam menentukan nilai kalori dari batubara Kandungan nitrogen dalam batubara menjadi penting dalam kaitannya dengan polusi udara. Pada saat pembakaran batubara, nitrogen akan membantu oksida (Nox) yang jika dilepaskan ke atmosfer menyebabkan polusi udara. Oleh sebab itu, batubara yang diminati dalam dunia industri biasanya adalah batubara yang memiliki kadar nitrogen rendah.

Seperti halnya nitrogen, kehadiran unsur sulfur dalam batubara juga bisa menyebabkan masalah dalam pemanfaatan batubara disamping juga bisa menyebabkan polusi udara. Sulfur menyebabkan korosi pada pipa boiler atau mengakibatkan hujan asam.

Oksigen dalam batubara adalah unsur yang terdapat baik pada komponen organik maupun anorganik termasuk juga pada air dalam batubara. Oksigen merupakan indikator penting dalam menentukan rank dari batubara.



Gambar 1. Penggalian lapisan batulempung pada tambang batubara (Djunaedi dkk 2008)

KOMODITAS EKONOMI YANG BERASOSIASI DENGAN KETERDAPATAN BATUBARA

Berikut dijelaskan beberapa komoditas ekonomi yang berasosiasi dengan keterdapatan batubara mulai dari yang paling mudah

dusahakan hingga yang membutuhkan investasi tinggi.

Lempung

Batuan yang umum berasosiasi dengan batubara yaitu batu lempung. Lapisan batu lempung dapat dijumpai sebagai batuan penutup pada tambang batubara atau sisipan di antara seam batubara. Hasil dari analisis major element batu lempung pada beberapa lokasi tambang batubara di Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur, menunjukkan nilai rata-rata SiO_2 59.3%-79.57%, Al_2O_3 15.08%-20.96%, Fe_2O_3 3.44%-17.94%, CaO 0.5%-2.12%, MgO 1.1%-1.92%, Na_2O 0.35%-1.53%, K_2O 1.54%-2.51%, TiO_2 0.7%-1.17%, MnO 0.08%-0.26%, P_2O_5 0.2%-0.4%, SO 0.03%-0.4%, H_2O 1.4%-2.31%. Batu lempung dengan spesifikasi kimia seperti tersebut dapat digunakan antara lain pada industri semen.

Hasil analisis PIMA batulempung mengandung mineral kaolinit, illit dan halosit. Kualitas lempung tersebut selain dapat digunakan untuk industri semen, berdasarkan hasil uji bakar, mempunyai kualitas baik untuk bahan baku pembuatan tubuh keramik halus (tile dan terra cotta), (Djunaedi dkk, 2008).



Gambar 2. Keramik hasil uji bakar lempung jenis kaolin (kiri), hasil uji bakar lempung jenis fireclay (kanan)

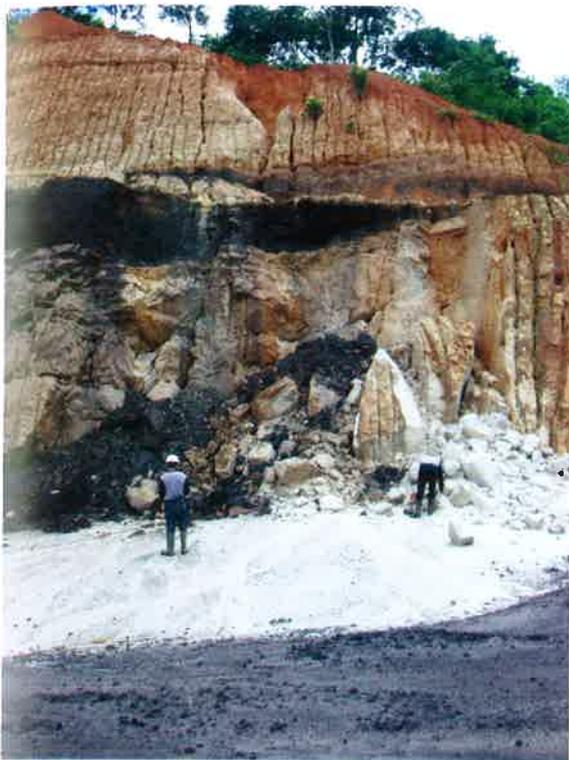


Gambar 3. Fire clay sebagai batuan penutup pada tambang batubara Muaraenim (Gunradi dkk, 2004)

lempung sebagai tanah penutup pada tambang batubara di Muaraenim, berdasarkan hasil uji bakar dapat digunakan untuk bahan tahan api (fire clay), Gambar 3. Selain itu lempung yang berselingan dengan lapisan batubara di daerah ini, diantaranya merupakan jenis bentonit (Gambar 4). Bentonit mempunyai sifat mengadsorpsi. Kegunaan bentonit tergantung jenis dari bentonit. Na bentonit, dapat digunakan untuk lumpur bor, bahan baku pada industri pengecoran logam, pembuatan pelet konsentrat besi dan logam lain ataupun sebagai bahan pemucat ataupun katalis. Sedangkan, penggunaan utama Ca bentonit adalah untuk pembuatan Na bentonit sintesis dan lempung aktif. Ca bentonit juga digunakan dalam industri pelumas, minyak goreng, farmasi, kimia, kertas, dan keramik.



Gambar 4. Lapisan bentonit (warna putih) pada tambang batubara Muaraenim (Gunradi dkk, 2005)



Gambar 5. Singkapan batupasir kuarsa pada dinding pit tambang batubara (Djunaedi dkk, 2008)

Pasir Kuarsa

Pasir kuarsa dijumpai sebagai lapisan penyusun pada endapan batubara (Gambar 5). Pasir kuarsa adalah bahan galian yang dapat digunakan untuk berbagai bahan industri seperti industri gelas kaca, semen, bata tahan api, pengecoran logam, bahan baku pembuatan tegel dan mosaik keramik, bahan baku fero silikon, silikon carbida, ampelas, pasir filter dan glass wool. Pasir kuarsa biasanya ditemukan sebagai lapisan penutup ataupun berselingan dengan lapisan batubara, sehingga pada penambangan batubara, bahan galian ini akan ikut tergali.

Abu Batubara

Di Indonesia, kebutuhan energi untuk pembangkit listrik masih sangat bergantung pada pembakaran bahan bakar fosil seperti batubara, minyak bumi dan gas. Pembakaran batubara untuk energi menghasilkan limbah berupa abu batubara yang sebagian besar berasal dari pembangkit listrik tenaga uap (PLTU).

Abu terbang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben untuk menyisihkan polutan pada gas buang pada proses pembakaran yang berpotensi merusak lingkungan, seperti gas sulfur oksida yang menyebabkan hujan asam, gas nitrogen oksida yang menyebabkan pemanasan global, dan merkuri (Hg) yang berbahaya bagi makhluk

hidup.

Komponen utama dari abu terbang batubara yang berasal dari pembangkit listrik adalah silika (SiO₂), alumina, (Al₂O₃), dan besi oksida (Fe₂O₃), sisanya berupa karbon, kalsium, magnesium, dan belerang Rumus empiris abu terbang batubara adalah: Si_{1,0}Al_{0,45}Ca_{0,51}Na_{0,047}Fe_{0,033}Mg_{0,020}K_{0,013}Ti_{0,011}

Tabel 1.
Komposisi kimia abu terbang batubara (Putri, 2008)

Komponen	Bituminous	Sub-bituminous	Lignite
SiO ₂	20-60%	40-60%	15-45%
Al ₂ O ₃	5-35%	20-30%	10-25%
Fe ₂ O ₃	10-40%	4-10%	4-15%
CaO	1-12%	5-30%	15-40%
MgO	0-5%	1-6%	3-10%
SO ₃	0-4%	0-2%	0-10%
Na ₂ O	0-4%	0-2%	0-6%
K ₂ O	0-3%	0-4%	0-4%
LOI	0-15%	0-3%	0-5%

Sifat kimia dari abu terbang batubara dipengaruhi oleh jenis batubara yang dibakar dan teknik penyimpanan serta penanganannya. Pembakaran batubara lignit dan sub-bituminous menghasilkan abu terbang dengan kalsium dan magnesium oksida lebih banyak daripada batubara bituminous, namun, memiliki kandungan silika, alumina, dan karbon yang lebih sedikit dibandingkan batubara bituminous (Trihadiningrum dan Sari, 2004).

Produksi abu terbang batubara (fly ash) di dunia pada tahun 2000 diperkirakan berjumlah 349 milyar ton. Penyumbang produksi abu terbang batubara terbesar adalah sektor pembangkit listrik. Produksi abu terbang dari pembangkit listrik di Indonesia terus meningkat, pada tahun 2000 jumlahnya mencapai 1,66 milyar ton dan diperkirakan mencapai 2 milyar ton pada tahun 2006.

Abu terbang batubara umumnya dibuang di landfill atau ditumpuk begitu saja di dalam area industri. Saat ini umumnya abu terbang batubara digunakan sebagai salah satu bahan campuran pembuat beton. Selain itu abu batubara memiliki berbagai kegunaan yang amat beragam:

1. Bahan campuran beton
2. Penimbunan bekas pertambangan
3. Recovery magnetit, cenosphere, dan karbon
4. Bahan baku keramik, gelas, batu bata, dan refraktori
5. Bahan penggosok (polisher)

6. Filler aspal, plastik, dan kertas
7. Bahan baku semen
8. Aditif dalam pengolahan limbah (waste stabilization)
9. Konversi menjadi zeolit dan adsorben

Konversi abu terbang batubara menjadi zeolit dan adsorben merupakan contoh pemanfaatan efektif dari abu terbang batubara. Keuntungan adsorben berbahan baku abu terbang batubara adalah biayanya yang murah. Selain itu, adsorben tersebut dapat digunakan baik untuk pengolahan limbah gas maupun limbah cair. Adsorben ini dapat digunakan dalam penyisihan logam berat dan senyawa organik pada pengolahan limbah. Abu terbang batubara dapat dipakai secara langsung sebagai adsorben atau dapat juga melalui perlakuan kimia dan fisik tertentu sebelum menjadi adsorben.

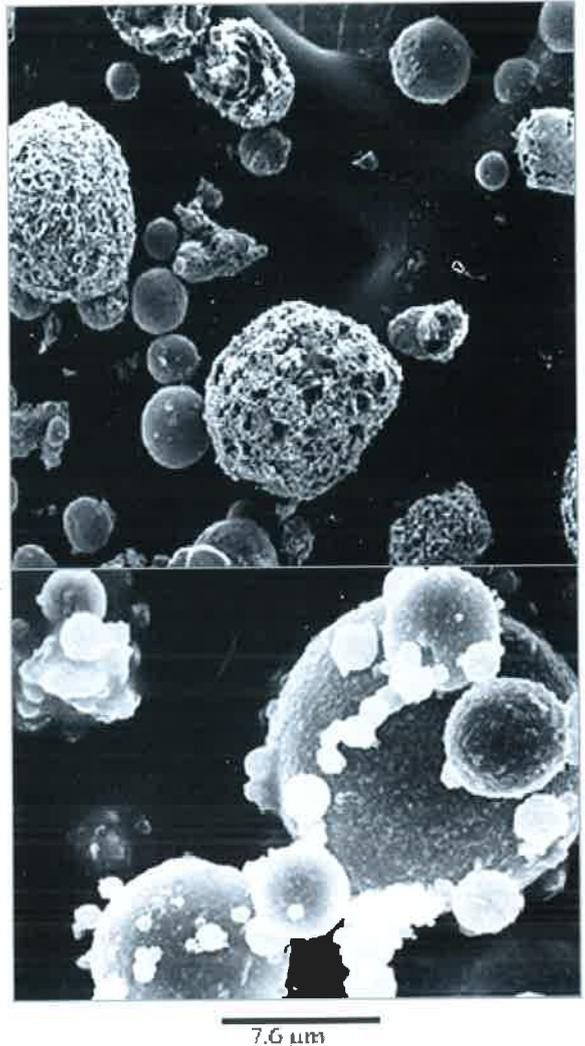
Zeolit yang disintesis dari abu terbang batubara banyak digunakan untuk keperluan pertanian dan dikonsumsi untuk pemurnian air. Zeolit dibuat dengan cara mengkonversi aluminosilikat yang terdapat pada abu terbang batubara menjadi kristal zeolit melalui reaksi hidrotermal (Putri, 2008).

Produksi abu terbang batubara (fly ash) di dunia pada tahun 2000 diperkirakan berjumlah 349 milyar ton. Penyumbang produksi abu terbang batubara terbesar adalah sektor pembangkit listrik. Produksi abu terbang dari pembangkit listrik di Indonesia terus meningkat, pada tahun 2000 jumlahnya mencapai 1,66 milyar ton dan diperkirakan mencapai 2 milyar ton pada tahun 2006.

Abu terbang batubara umumnya dibuang di landfill atau ditumpuk begitu saja di dalam area industri. Saat ini umumnya abu terbang batubara digunakan sebagai salah satu bahan campuran pembuat beton. Selain itu abu batubara memiliki berbagai kegunaan yang amat beragam:

1. Bahan campuran beton
2. Penimbun lahan bekas pertambangan
3. Recovery magnetit, cenosphere, dan karbon
4. Bahan baku keramik, gelas, batu bata, dan refraktori
5. Bahan penggosok (polisher)
6. Filler aspal, plastik, dan kertas
7. Bahan baku semen
8. Aditif dalam pengolahan limbah (waste stabilization)
9. Konversi menjadi zeolit dan adsorben

Konversi abu terbang batubara menjadi zeolit dan adsorben merupakan contoh pemanfaatan



Gambar 6. Abu batubara hasil dari scanning electron microscopy (Putri, 2008)

efektif dari abu terbang batubara. Keuntungan adsorben berbahan baku abu terbang batubara adalah biayanya yang murah. Selain itu, adsorben tersebut dapat digunakan baik untuk pengolahan limbah gas maupun limbah cair. Adsorben ini dapat digunakan dalam penyisihan logam berat dan senyawa organik pada pengolahan limbah. Abu terbang batubara dapat dipakai secara langsung sebagai adsorben atau dapat juga melalui perlakuan kimia dan fisik tertentu sebelum menjadi adsorben.

Zeolit yang disintesis dari abu terbang batubara banyak digunakan untuk keperluan pertanian dan dikonsumsi untuk pemurnian air. Zeolit dibuat dengan cara mengkonversi aluminosilikat yang terdapat pada abu terbang batubara menjadi kristal zeolit melalui reaksi hidrotermal (Putri, 2008).

Kedalaman meter	Litologi	Keterangan
50		Batulempung, abu-abu gelap, bertapis
55		Coaly shale, hitam kusam, berlapis, keras
		Selang-seling batulempung dan coaly shale
60		Batubara, hitam, brittle, keras
		Coaly shale, hitam, brittle, keras
65		Batubara hitam, brittle, keras
		Batulempung pasir, abu-abu
70		Batupasir abu-abu kecoklatan, halus, sortasi baik
		Selang seling coaly shale dan batulempung

Gambar 7. Log litologi, pada tambang batubara di Kuantan Singingi, Riau (modifikasi dari Hutamadi, 2008)



Gambar 8. Lapisan bitumen padat pada tambang batubara, Tangko, Riau (Hutamadi dkk, 2008)

Bitumen Padat

Contoh keterdapatn bahan galian ekonomi lainnya di lingkungan endapan batubara dapat dijumpai di wilayah pertambangan daerah Tangko, kabupaten Kuantan Singingi. Di daerah penambangan ditemukan sebaran bitumen padat dan juga coaly-shale dengan ketebalan berkisar 0,30 – 1,70 m (Gambar 7) dalam jumlah yang cukup signifikan. Dari hasil analisis retort, kandungan minyak dalam batuan ini cukup bervariasi antara 30 – 220 liter/ton, diharapkan

bitumen padat dan coaly-shale ini dapat dimanfaatkan menjadi sumber daya energi alternatif (Hutamadi dkk, 2008).

BM

Batubara, disamping dapat dimanfaatkan secara langsung sebagai bahan bakar, juga memiliki kandungan gas metan yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi. Gas metan yang terperangkap dalam lapisan batubara (coalbed methane/CBM), terbentuk secara alamiah pada proses pembentukan batubara.

Dibandingkan dengan batubara, gas metan merupakan sumber energi yang lebih ramah lingkungan. Disamping itu, gas metan yang dihasilkan oleh batubara memiliki kadar pengotor (impurities) yang lebih kecil bila dibandingkan dengan gas bumi, sedangkan dari sisi ekonomis biaya produksi gas metan relatif lebih murah dibandingkan dengan gas bumi (Wibisono, 2008).

Gas Methane dalam batubara pertamakali dikenal karena keberadaannya yang sering menimbulkan masalah dalam penambangan bawah tanah. Kecelakaan tambang akibat dari ledakan gas dalam sejarah pertambangan batubara telah memakan banyak korban. Kecelakaan ini terjadi ketika gas metan yang terkumpul dalam tambang bawah tanah terkena oksigen sehingga meledak. Gas dalam batubara juga beracun untuk para penambang jika terhirup dalam jangka waktu yang cukup lama. Baru sekitar 15 hingga 20 tahun yang lalu, gas metan mulai diproduksi secara komersial sebagai sumber energi.

Negara-negara yang telah memanfaatkan CBM secara ekstensif sebagai sumber energi diantaranya adalah Amerika, Canada, China dan Australia. Di Amerika sebagai contoh, CBM dianggap sebagai sumberdaya energi yang sangat penting. Demikian juga di Australia. Di negara-negara tersebut, industri CBM telah berkembang pesat dan termasuk salah satu yang paling maju di dunia.

Selain sebagai sumber energi, coalbed methane juga dapat dieksplorasi untuk menghindari kemungkinan keracunan, ledakan atau kebakaran pada tambang bawah tanah

Di beberapa daerah penghasil batubara di Indonesia seperti di Sumatra Selatan, Kalimantan Selatan dan Kalimantan Timur, tercatat potensi CBM yang cukup signifikan. Saat ini pemerintah memberikan perhatian cukup besar bagi pengembangan CBM di Indonesia. CBM dianggap sebagai salah satu sumber energi potensial pengganti minyak dan gas bumi. Dengan diterbitkannya regulasi yang mengatur perusahaan CBM di Indonesia, peluang untuk mengusahakan CBM secara komersial telah terbuka.

PEMBAHASAN

Batubara terbentuk berasosiasi dengan batuan lain. Komponen penyusun batubara dapat mengandung beberapa mineral maupun gas yang bernilai ekonomi. Lapisan sedimen lainnya yang biasa ditemukan berselingan dengan lapisan batubara juga bisa bernilai ekonomi.

Pengelolaan sumber daya batubara dengan memperhitungkan potensi lain yang terdapat bersamaan akan memberikan nilai tambah pada eksploitasi batubara. Sebagai contoh, bahan galian yang mempunyai nilai ekonomi rendah, yang ikut tergali pada penambangan batubara, dapat dimanfaatkan tanpa memerlukan biaya penggalian. Demikian juga limbah pembakaran batubara dapat dimanfaatkan, sehingga tidak menjadi bahan yang dapat menurunkan kualitas lingkungan.

Kandungan unsur atau bahan pencemar dalam batubara khususnya yang mempunyai sifat radioaktif dan dapat meningkatkan paparan radioaktivitas alam, perlu penanganan agar tidak menyebabkan degradasi lingkungan. Sampah yang dihasilkan dari pembangkit listrik tenaga batubara dapat bersifat lebih radioaktif daripada yang dihasilkan dari sampah nuklir. Radionuklida alam yang terkandung dalam batubara berupa kalium, uranium, thorium, dan produk-produk peluruhannya. Pada wujud batubara unsur-unsur tersebut masih pada batas aman. Akan tetapi ketika batubara terbakar menjadi abu, uranium dan thorium dapat terkonsentrasi menjadi 10 kali lipat dari kondisi awalnya.

Emisi gas CO₂ yang dihasilkan dari PLTU batubara dapat direduksi jumlahnya dengan melengkapi unit pembangkit dengan fasilitas pengolahan gas buang. Pada fasilitas ini, gas

CO₂ dapat direaksikan dengan kalsium hidroksida sehingga menghasilkan kalsium karbonat. Kalsium karbonat dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pada industri makanan, farmasi dan industri konstruksi (Finahari dkk, 2008)

Eksplorasi dan eksploitasi bahan galian lain yang berasosiasi dengan batubara, seperti lempung dan pasir kuarsa dapat dilakukan bersamaan dengan penambangan batubara. Dengan jalan ini, diharapkan nilai ekonomi yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan kegiatan eksplorasi dan eksploitasi yang semata-mata untuk mendapatkan bahan galian tersebut.

Eksplorasi CBM disertai dengan proses pemompaan air tanah (dewatering). Air tanah yang dikeluarkan dapat dimanfaatkan sesuai dengan kualitasnya, terutama untuk irigasi pertanian.

Pemanfaatan sumber daya batubara berpotensi menghasilkan juga komoditas ekonomi lainnya. Oleh karena itu ketika memperhitungkan potensi ekonomi suatu wilayah cekungan batubara sebaiknya juga dipertimbangkan keterdapatannya bahan tambang lainnya yang bernilai ekonomis.

KESIMPULAN

Bersamaan dengan keterdapatannya batubara, dapat dijumpai keterdapatannya komoditi lain yang bernilai ekonomi. Komoditi tersebut dapat berupa batuan sedimen lain yang berasosiasi dengan batubara, maupun komponen dalam batubara itu sendiri.

Batupasir, batulempung maupun bitumen padat yang biasa ditemukan sebagai lapisan penutup atau berselingan dengan lapisan batubara, dalam penambangan batubara, ketika ikut tergali umumnya diperlakukan sebagai sampah (waste). Padahal, batuan tersebut memiliki potensi tersendiri. Penambangan batuan tersebut jika dilakukan bersamaan dengan penambangan batubara, akan memberikan nilai ekonomi lebih, karena tidak membutuhkan biaya khusus.

Pemanfaatan abu batubara sisa dari pembakaran batubara selain mendatangkan manfaat secara ekonomi, juga mencegah degradasi lingkungan sebagai akibat pembuangan abu batubara yang dapat mencemari

lingkungan. Hanya saja dalam pemanfaatan abu batubara perlu juga dengan mencermati keterdapatan kandungan unsur radioaktif.

Kandungan gas metan pada batubara dapat dimanfaatkan secara ekonomi, sebagai sumber energi yang relatif ramah lingkungan.

ACUAN

- Djunaedi, E.K., Suherman, W., Kamal, S., Juliawan, N., 2008. Penelitian Bahan Galian Lain/Mineral Ikutan di Wilayah Pertambangan Daerah Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.
- Finahari, I.N., Djati, H.S., Susiati, H., 2008. Emisi Gas CO₂ dan Polutan Radioaktif dari PLTU Batubara. Batan. www.batan.go.id/
- Gunradi, R., Hutamadi, R., Ishlah, T., Suprpto, S.J., 2004. Pemantauan dan Evaluasi Konservasi Sumber Daya Mineral di Daerah Kabupaten Muaraenim, Provinsi Sumatera Selatan. Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung
- Hutamadi, R., Pohan, M.P., 2008. Penelitian Bahan Galian Lain/Mineral Ikutan di Wilayah Pertambangan Tangko, Kabupaten Kuantan Sengingi, Provinsi Riau. Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.
- Putri, M., 2008. Abu Batubara Sebagai Adsorben. Majari Magazine
- Trihadiningrum, Y., Sari, Y., 2004. Kajian Status Abu Batubara Sebagai Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, Institut Teknologi Surabaya, Surabaya
- Wibisono, S.A., Analisa Kandungan Gas Methan Dalam Batubara Pada Titik Bor B-1 dan B-02 Daerah Loa Lepu, Kab. Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. Buletin Sumber Daya Geologi Vol 3 No 3. Bandung
- Widowati, A., 2008. Abu Batubara Lebih Radioaktif dari Sampah Nuklir. Pusat Teknologi Nuklir Bahan dan Radiometri, Bandung

**ENDAPAN BATUBARA
DI WILAYAH AIR LANANG HINGGA GUNUNG PAYUNG
KECAMATAN PUTRI HIJAU KABUPATEN BENGKULU UTARA
PROVINSI BENGKULU**

Oleh :
Ridwan Arief
Perekayasa Madya
Kelompok Program Penelitian Konservasi
Pusat Sumber Daya Geologi

SARI

Desa Sukamaju yang terletak di utara Gunung Payung termasuk ke dalam Kecamatan Putri Hijau, Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu. Kecamatan Putri Hijau dapat ditempuh dari Kota Bengkulu selama 3 jam 45 menit dengan menggunakan kendaraan roda empat, lokasi wilayah tersebut tidak begitu jauh dari pantai barat Provinsi Bengkulu. Jarak antara Kota Bengkulu dengan jalan ke arah sejumlah singkapan batubara \pm 80 km hingga 120 km, dengan menggunakan jalan aspal dan dilanjutkan dengan menggunakan jalan desa dan pemukiman transmigrasi.

Formasi Lemau merupakan formasi batuan pembawa batubara yang diendapkan di dalam suatu cekungan diantara pegunungan, sehingga keadaan lapisan batubara di wilayah Bengkulu secara regional terbentuk secara tidak berlanjut, selain itu keberadaan di lapangan batubara di dalam formasi ini terkadang dibawah batuan vulkanik sehingga memperlihatkan bentuk jendela.

Secara umum singkapan batubara yang ditemukan di wilayah Kecamatan Putri Hijau memperlihatkan arah baratlaut-tenggara dengan kemiringan relatif horizontal, sebagian berbalik arah kemungkinan karena pengaruh struktur patahan secara setempat. Ketebalan singkapan batubara memperlihatkan antara 40 cm hingga 6m, dengan prediksi bahwa di wilayah ini terdapat 3 lapisan/seam batubara, dimana lapisan yang paling bawah memperlihatkan ketebalan $>$ 3m. Singkapan batubara banyak ditemukan di sekitar Air Lanang, Teluk Dalam, Pondok Bakil, Suka Maju dan Gunung Payung, kualitasnya memperlihatkan kualitas sedang antara 5100 - 5600 kcal/kg, sulfur $<$ 1%, total kandungan air $<$ 18%, kadar abu rendah, dikategorikan Sub-Bituminous kelas A-B (USA, ASTM), sehingga jenis batubara ini dapat memenuhi permintaan pasar (Hasil Analisis batubara PT Ketaun Mining). Secara kasar cadangan/sumberdaya batubara secara hipotetik di Kecamatan Putri Hijau jumlahnya sekitar 16.380.000 ton.

Prasarana tambang di wilayah Putri Hijau masih menggunakan jalan desa, jalan aspal hingga di Pulau Bay, Kota Bengkulu, dan hingga saat ini belum satupun perusahaan yang sedang melakukan kegiatan penambangan untuk membuat jalan sendiri dan dermaga sendiri, umpamanya di Sungai Seblat dan Sungai Ketaun, dekat pantai barat Pulau Sumatra.

ABSTRACT

Sukamaju village is located in North Gunung Payung in the to Putri Hijau Sub District, North Bengkulu Regency, Bengkulu Province. Putri Hijau Sub District can be reached from Bengkulu City within 3 hours 45 minutes by using four wheel drive, vechicle The location is not far from the west coast of Bengkulu Province. The distance between Bengkulu City with the coal outcrop \pm 80 km to 120 km, is reached by asphalt road and is continuing by foot path and transmigration settlement.

Lemau Formation represent of coal bearing rock which deposition in inter mountain basin, so that the regional outcrop in Bengkulu is in form of irregular shaped, in others to existence a coal in field in this formation sometimes under volcanic rock so that show to form of a windows.

Generally, the coal outcrop is found in Putri Hijau SubDistrict region show direction of NW-SE with dipping of relative horizontal, partly sometime returning dipping direction of is possibility influence of faulting structure locally. The Coal outcrop width is shown between 40 cm to 6m, with prediction of three coal seam in there, where the coal seam lowermost show width $>$ 3m. Coal outcrop a lot of found around Air Lanang, Teluk Dalam, Pondok Bakil, Suka Maju and Gunung Payung, calorific value is between 5100 kcal/kg - 5600 kcal/kg, sulphur $<$ 1%, total moisture $<$ 18%, low ash rate, a categories of Sub-Bituminous A-B class (USA, ASTM), so that this coal type earn to fulfill market request (Coal analysis result of PT Ketaun Mining). Hypothetic resources/reserve of coal in Putri Hijau SubDistrict its about 16.380.000 ton.

Infrastructure of hauling in Putri Hijau still use village road, and continuing with asphalt road until to Pulau Bay loading port near Bengkulu city, and until now not yet the companies which in pursuance of mining activity to make road and the port by its self, for example in Sungai Seblat and Sungai Ketaun, near the west coast of Sumatra Island.

PENDAHULUAN

Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu, merupakan wilayah yang kaya akan bahan galian logam maupun non logam dan batubara. Bahan galian logam terletak di bagian utara wilayah kabupaten ini, secara tepatnya di daerah Lebong Tandai, Toko Rotan dan Karang Suluh. Sedangkan untuk pengambilan bahan bangunan berupa pasir dan batu belah terdapat di hulu Sungai Ketaun, Sungai Kemumu dan Sungai Seblat, yang dikirim ke beberapa kabupaten dan kota provinsi yang memerlukan.

Komoditi bahan galian batubara di Bengkulu Utara sangat menjanjikan untuk dikelola secara teratur, karena di wilayah ini terdapat beberapa jenis batubara yang dimulai dari kalori rendah, kalori sedang hingga kalori tinggi, ketiganya dicari oleh investor untuk ditambang dan di ekspor terutama ke India dan Timur Tengah.

Ketersediaan dermaga tambat untuk batubara sangat kurang sekali, apabila dilihat dari peningkatan kegiatan penambangan batubara yang sangat cepat untuk memenuhi permintaan pasar, sebagai komoditi pengganti bahan bakar minyak yang semakin hari semakin menipis cadangannya. Pengaruh naiknya harga minyak dunia telah memacu pihak investor domestik maupun investor asing untuk melakukan usaha dibidang penambangan batubara.

Fenomena bahan galian batubara utamanya sangat memerlukan jalan tambang, stockpile dan dermaga tambat, semua batubara diturunkan ke dalam tongkang melalui Pulau Bay, dengan jalan lintas mempergunakan jalan provinsi berupa jalan aspal yang notabene sangat mengganggu kegiatan masyarakat sehari-hari. Pihak Pemkab setempat sangat mengharapkan sekali para investor untuk membuat jalan tambang sendiri dan mengambil jarak paling dekat yaitu, batubara dikapalkan di sekitar muara Sungai Ketaun dan Sungai Seblat seperti halnya kayu dan kelapa sawit.

Beberapa kecamatan yang paling banyak ditempati oleh formasi batuan yang mengandung batubara diantaranya, Kecamatan Putri Hijau, Kecamatan Napal Putih, Kecamatan Taba Penanjung dan Kecamatan Tanjung Alam, semuanya dilalui oleh Formasi Lemau yang kebanyakan mengandung batubara, selain itu ada juga Formasi Muara Enim dan Formasi Bintunan.

Penulisan makalah ini dilatarbelakangi oleh adanya sumberdaya batubara yang cukup banyak di wilayah Putri Hijau, dengan demikian diharapkan dapat menjadikan bahan pemikiran untuk pengembangan penyelidikan secara terinci di wilayah ini.

Kecamatan Putri Hijau merupakan wilayah prospek batubara kalori sedang, sehingga maksud penulisan ini untuk mengemukakan keberadaan batubara, yang perlu diperhatikan secara baik dalam masalah evaluasi cadangan maupun penambangan dan pengolahannya, tujuannya supaya intansi terkait dapat sesegera mungkin melakukan optimalisasi dan pemanfaatan bahan galian batubara di wilayah ini.

Putri Hijau sebagai lokasi kajian dapat ditempuh dari Kota Bengkulu selama 3 jam 45 menit dengan menggunakan kendaraan roda empat, lokasi wilayah tersebut tidak begitu jauh dari pantai barat Provinsi Bengkulu. Jarak antara Kota Bengkulu dengan jalan ke arah sejumlah singkapan batubara \pm 80 km hingga 120 km, dengan menggunakan jalan aspal dan dilanjutkan dengan menggunakan jalan desa dan pemukiman transmigrasi.

Penduduk setempat pada umumnya terdiri dari berbagai suku diantaranya suku pribumi yaitu Suku Pekal, Padang, Batak, Jawa. Sunda dan Palembang. Semuanya telah berbaur dan membentuk suatu suku baru yang kesemuanya fasih berbagai bahasa ibu. Provinsi Bengkulu dapat dikatakan wilayah yang heterogen untuk penduduknya, seperti halnya di wilayah timur yaitu di Balikpapan, Provinsi Kalimantan Timur.

Keadaan lahan pada umumnya sudah menjadi lahan perkebunan kelapa sawit, karet, jeruk dan kopi, semuanya kepunyaan penduduk setempat terutama yang hidup dari hasil kebun dan sebagian mencari ikan sebagai nelayan musiman.

Permasalahan untuk melakukan kegiatan penambangan batubara di wilayah Putri Hijau, Ketaun dan sekitarnya perlu dilakukan diversifikasi lahan yang telah diambil untuk dijadikan kuasa pertambangan, supaya tidak terjadi lahan tidur dengan demikian perlu kiranya dilakukan pemberian KP secara selektif terhadap para pengusaha pribumi maupun asing. Selain itu harus diusahakan pembuatan jalan tambang sendiri dan pembuatan dermaga tambat yang paling dekat, dengan tidak melalui kota Bengkulu. Untuk wilayah Putri Hijau sendiri banyak wilayah kuasa pertambangan yang tidak jalan sama sekali, sehingga menghambat investor yang mau menanamkan modalnya di wilayah Kecamatan Putri Hijau. Di wilayah ini baru PT Firman Ketaun yang telah melakukan penambangan, akan tetapi masih mempergunakan jalan desa, jalan aspal hingga ke Pulau Bay melewati Kota Bengkulu.

GEOLOGI REGIONAL

Di dalam kerangka tektonik (tectonic framework) Indonesia, Pulau Sumatra termasuk juga daerah Bengkulu, menurut Katili, J.A, 1984

wilayah ini merupakan sebagian dari Zona Indonesia Bagian Barat, dapat dibedakan menjadi 4 zona tektonik yaitu ;

- Zona Tektonik Paleozoik Akhir-Mesozoik, menghubungkan pulau-pulau Sumatra-Riau-Bangka Belitung, Anambas-Natuna, Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah.
- Zona Tektonik Mesozoik Akhir-Tersier Awal, menghubungkan pulau-pulau Sumatra bagian barat daya, Jawa bagian Barat dan Tengah, Kalimantan bagian tenggara hingga Sulawesi (termasuk fragmen Kontinen Sumba).
- Zona Tektonik Kenozoik busur vulkanik Sunda, menghubungkan Sumatra, Jawa, dan Kepulauan Sunda Kecil, serta jalur vulkanik Sulawesi bagian Barat dan bagian Utara.
- Zona Tektonik Busur Non vulkanik Sunda terdiri dari kompleks penunjaman Kenozoik di sebelah barat Pulau Sumatra.

Daerah penyelidikan termasuk ke dalam deretan Pegunungan Bukit Barisan dan merupakan bagian dari Zona Tektonik Busur Sunda yang terbentuk pada Kala Kenozoikum (Tersier-Kuarter) tersebut di atas. Deretan Pegunungan Bukit Barisan disini, termasuk dengan Busur Magmatik Tersier Awal yang bahan-bahannya, berupa hasil erupsi gn api pada waktu Tersier Akhir-Kuarter (Katili J.A., 1984).

Vulkanisma didahului oleh patahan-patahan terhadap batuan dasar kerak kontinen, dan gerakannya tegak lurus terhadap permukaan, yang menyebabkan terjadinya cekungan-cekungan tektonik dan daerah-daerah tinggi hasil tektonik, diantaranya terjadinya pengangkatan. Cekungan-cekungan diantara gunung api ini antara lain merupakan tempat terbentuknya endapan batubara Tersier, yang dikenal dengan cekungan antar gunung/Intra mountain basin (Katili J.A., 1984).

Batubara yang berada di wilayah Bengkulu inilah, merupakan hasil endapan pada cekungan antar gunung, sehingga terjadi ketidaksinambungan-nya endapan batubara yang terdapat di dalam Formasi Lemau ini. Endapan batubara di Bengkulu memperlihatkan bentuk lensa-lensa, sehingga perlu dilakukan penyelidikan secara terinci dengan titik pengamatan 50m pada kalori rendah hingga sedang, sedangkan pada kalori tinggi harus lebih terinci lagi.

GEOLOGI PUTRI HIJAU

Endapan sungai merupakan endapan beberapa fragmen batuan hasil transportasi dekat, dan terkumpul menjadi endapan alluvial di sekitar aliran Sungai Seblat dan Sungai Ketaun,

jenis endapan ini sebagian tererosi sehingga terlihat adanya singkapan batulempung dengan sisipan batubara terutama kalori rendah dan sebagian kalori sedang. Jarak antara 5 hingga 10 km dari pantai barat Provinsi Bengkulu, banyak ditemukan singkapan batulempung dengan sisipan batupasir dan batubara berwarna kecoklatan hingga hitam, kusam, sebagian mudah dipecahkan dengan tangan, masih memperlihatkan lapisan yang mengandung kayu. Singkapan tersebut dapat dikategorikan sebagai singkapan batuan dari Formasi Bintunan, penyebarannya cukup luas sebagian mengandung batubara kalori rendah seperti yang ditemukan di wilayah kecamatan Putri Hijau (Gafoer S. dkk, 1992).

Singkapan batulempung dengan sisipan batupasir dan sebagian breksi serta tufa vulkanik, ditemukan pada beberapa lokasi seperti halnya di wilayah Pondok Bakil, Air Lalangi, Tanjung Dalam, Suka Makmur. Jenis satuan ini sebagian besar mengandung batubara kalori sedang, yaitu antara 4970 kcal/kg hingga 5500 kcal/kg dimana jenis satuan ini dikategorikan sebagai Formasi Lemau yaitu formasi batuan pembawa batubara (Hasil analisis batubara PT Firman Ketaun).

Bongkahan andesit yang cukup kompak dan padat terlihat di beberapa lokasi, jenis batuan ini kemungkinan berupa lava muda yang menutupi formasi batuan yang lebih tua, sehingga sangat mengganggu terhadap pencarian batubara yang terdapat di dalam batulempung Formasi Lemau tersebut.

Keempat jenis batuan inilah yang ditemukan di wilayah Kecamatan Putri Hijau dan sekitarnya, sehingga untuk melakukan penyelidikan di wilayah ini, para penyelidik terdahulu telah memperhatikan besaran arah jurus/kemiringan dan pelamparan dari Formasi Lemau tersebut, kebetulan satuan batuan ini memperlihatkan arah penyebaran barat laut-tenggara dengan pelamparan ke arah down dip secara bervariasi.

Kontrol struktur di wilayah ini tidak berpengaruh sama sekali, sehingga pengamatan terhadap endapan batubara cukup dengan melakukan pengukuran jurus hingga kiloan meter panjangnya dan ke arah kemiringan tergantung cekungan yang ditempati oleh pengendapan batubara tersebut. Struktur perlapisan memperlihatkan adanya kemiringan batubara antara 8° hingga 12° dapat dikatakan hampir horizontal sehingga untuk mencarinya tidak begitu sulit.

Morfologi daerah peninjauan dapat dikelompokkan dalam 2 satuan morfologi yaitu, Morfologi Perbukitan bergelombang sedang, dengan luas sekitar 75% dari seluruh wilayah di

Kecamatan Putri Hijau dengan ketinggian rata-rata 500m di atas permukaan laut. Kemudian morfologi perbukitan bergelombang lemah meliputi 25% dari seluruh daerah peninjauan dengan ketinggian rata-rata dibawah 500m di atas permukaan laut. Pola aliran sungai yang berkembang berupa pola aliran subdendritik, dengan anak-anak sungai yang bermuara ke Sungai Seblat.

KEADAAN BATUBARA

Batubara di Bengkulu terbentuk pada cekungan-cekungan kecil, yang diakibatkan oleh adanya pensesaran bongkah yang terjadi sejak Paleogen, sehingga bagian yang tertinggi merupakan sumber material-material sedimen yang terjadi dibagian yang turun (grabben), hal inilah terjadinya penurunan akibat dari pola struktur di atas (Ilyas S., 1995).

Pada Miosen Akhir cekungan-cekungan tersebut berubah menjadi rawa-rawa, dimana pada lokasi tersebut diendapkan material-material pasir. Lempung; tufa dan material-material organik (tumbuh-tumbuhan rawa) sebagai cikal bakal pembentukan batubara., hal tersebut terjadi secara silih berganti sehingga pembentukan batubara menjadikan sebagai multi seam (Bemmelen R.W.van, 1949 ; Ilyas S., 1995).

Kemudian pada lokasi tersebut terjadi kegiatan intrusi batuan gang terutama, seperti halnya andesit porfir, diperkirakan berumur Neogen Muda-Kuarter (Plio-Plistosen). Batuan vulkanik inilah yang menutupi sebaran formasi batuan pembawa batubara di wilayah Provinsi Bengkulu, terkadang ditemukan seolah-olah berupa lensa-lensa dan spot-spot.

Klasifikasi batubara di wilayah ini dapat terbentuk di dalam satu cekungan, akan tetapi pada lokasi-lokasi tertentu mempunyai kadar yang berbeda hal ini dikarenakan adanya faktor intrusi tadi, dimana batubara yang terpengang akan berubah nilai kalorinya menjadi tinggi (Dinarna, T,1993)

Formasi pembawa batubara di wilayah Bengkulu diantaranya Formasi Muara Enim1, Formasi Lemau dan Formasi Bintunan, hal ini tersusun berdasarkan kadar batubara dari yang berkalori tinggi hingga rendah. Formasi Simpangaur hingga sejauh ini belum memperlihatkan adanya kandungan batubara, kemungkinannya hanya berupa endapan batulempung hitam yang cukup tebal seperti yang ditemukan di wilayah Kabupaten Bengkulu Selatan.

SINGKAPAN DAN KUALITAS BATUBARA

Singkapan batubara yang ditemukan di wilayah Desa Suka Maju terutama di wilayah Air Lanang, ditemukan beberapa singkapan yang memperlihatkan arah jurus/kemiringan antara $N32^{\circ}E/16^{\circ}$ - $N140^{\circ}E/2^{\circ}$ dengan arah dominan/paling banyak yaitu sekitar baratlaut-tenggara, sesuai dengan arah sebaran Formasi Lemau yang tersingkap di wilayah ini, kontinuitas sebaran batubara ke arah jurus belum diketahui secara pasti panjangnya.

Sebaran batubara ke arah down dip masih dalam perkiraan sesuai jauhnya data singkapan tercatat, dimana panjangnya lebih kurang 450m hingga 600m sedangkan seam/lapisan batubara yang terekam kemungkinannya ada 3 seam, Seam 1 setebal 30 cm hingga 70 cm, dimana keadaan batubara secara keseluruhan lapuk dan banyak unsur pengotor sehingga kualitasnya kurang baik.

Sedangkan singkapan kedua terlihat seperti adanya splitting batubara dengan ketebalan 6m kemudian menjadi dua dengan ketebalan masing-masing 1,2m dan 3,6m, dengan cirri fisik memperlihatkan warna hitam kecoklatan, kusam, sebagian mudah tergores dengan paku baja, warna gores kecoklatan, seperti yang ditemukan di wilayah Air Lanang dan Suka Maju. Kualitas batubara pada Seam 2 dan Seam 3 memperlihatkan kualitas yang cukup bagus dengan kandungan kalorinya sedang, sulfur < 1%, total kandungan air < 20%, kadar abu rendah, dan lapisan inilah yang telah ditambang oleh PT Firman Ketaun di wilayah Putri Hijau dan PT Guriang Tandang di wilayah Napal Putih. Kualitas batubara yang sudah dianalisis pada umumnya memperlihatkan kandungan kalori sekitar 5260 kcal/kg diambil pada bagian atas lapisan batubara, sedangkan dari hasil analisis menurut PT Firman Ketaun hingga mencapai kalori 5570 kcal/kg dengan kandungan sulfur < 0,3% dan hasil penambangan batubara terlihat bersih.

Korelasi lapisan batubara berdasarkan atas kesamaan litologi dan adanya bed marker atau lapisan kunci pada lapisan utama batubara, yaitu berupa lapisan batulempung tuffaan dengan ketebalan bervariasi antara 0,10 0,20m. Lapisan kunci ini ditemukan pada hamper semua singkapan lapisan utama, dimana lapisannya memperlihatkan kontinuitas yang cukup baik (Dinarna T.A., 2003).

Singkapan batubara di wilayah Pondok Bakil memperlihatkan jurus dan kemiringan antara $N 156^{\circ}E/8^{\circ}$ - $N195^{\circ}E/12^{\circ}$ tebal antara 4m hingga 5m dengan beberapa parting batulempung antara 5 cm hingga 45 cm. Dari wilayah ini hasil analisis batubara memperlihatkan kandungan kalori

antara 5400 kcal/kg 5679 kcal/kg. sulfur < 0,35%, total kandungan air <18%, kondisi batubara berwarna hitam kecoklatan dengan warna gores coklat, sedikit kusam, pola retak tinggi, sedikit mengandung resin, pelapukan rendah, dalam keadaan segar berwarna hitam dan konkoidal. Ke arah tenggara singkapan batubara ditemukan di wilayah Gunung Payung, kualitasnya sama dengan di wilayah Desa Pondok Bakil, rata-rata ketebalan >5m terlihat dari air terjun kecil diantara tanaman kelapa sawit (Lihat Foto 1).

Perkiraan sementara untuk sebaran batubara di dalam Formasi Lemau di Kecamatan Putri Hijau, mulai dari Air Lanang hingga Tanjung Dalam mencapai 2 km, dari Tanjung Dalam ke arah Air Lelangi sulit untuk mencari singkapan dan tidak ditemukan adanya singkapan batubara. Sedangkan dari Pondok Bakil ke arah barat laut diperkirakan sejauh 1,5 km dan ke arah tenggara ke Gunung Payung sejauh 2,5 km, kalau dilihat dari sebaran singkapan yang dikorelasikan secara keseluruhan, panjang endapan batubara di wilayah Kecamatan Putri Hijau mencapai ±10 km, sedangkan ke arah down dip masih belum bisa diprediksi secara keseluruhan. Apabila dilihat dari PT Firman Ketaun mereka menyatakan bahwa paling pendek sebaran ke arah down dip adalah sepanjang 450m hingga 600m.

Perhitungan sumber daya secara hipotetik dengan asumsi tebal batubara tertambang sekitar 4,5m, maka jumlah batubara di Putri Hijau sekitar $16.000m \times 600m \times 3,5m \times 1,3 = 16.380.000$ ton. Sedangkan hasil pemboran inti sedalam 70m dibawah ketebalan tadi terdapat juga lapisan batubara setebal 4m, dapat dianggap Seam 2 dan Seam 3, belum dapat diprediksi kemungkinan terdapat pada kedalaman >35m, menurut Kepala Teknik Tambang PT Firman Ketaun.

PRASARANA YANG TERSEDIA

Hingga saat ini penambangan batubara di wilayah Bengkulu Utara dapat dikatakan bersekala kecil hingga sedang, hal ini dilihat dari kelengkapan peralatan berat, transport dan pemindahan batubara dari darat ke laut. Penambangan batubara yang dilakukan di Bengkulu pada saat ini dikerjakan dengan peralatan yang berumur tua, sehingga sangat mengganggu kelancaran kegiatan penambangan, transportasi yang cukup jauh hingga ratusan kilometer dengan sarana jalan desa, jalan kabupaten dan jalan provinsi, hal ini sangat mengganggu kepentingan masyarakat pada umumnya dengan demikian masyarakat kebanyakan akan lebih memilih menutup tambang apabila dilakukan votting.

Dermaga Pulau Bay sering mengalami susut laut sehingga pihak pemerintah sering melakukan pengerukan lokasi loading batubara, selain itu hanya terdapat dua buah konveyor yang tersedia sehingga beberapa perusahaan batubara harus antri untuk loading dengan demikian dapat dianggap tidak efektif untuk melakukan perdagangan batubara dengan sistim ekspor.

Apabila diantara beberapa pengusaha melakukan penggalangan dana untuk transport batubara dengan membuka jalan utama sepanjang 25 km ke laut yaitu kemuara Sungai Ketaun atau Sungai Seblat, maka dapat dimanfaatkan oleh semua pengusaha hingga beberapa puluh tahun kedepan. Apabila alasan masalah besarnya ombak pantai barat Pulau Sumatra, disana sudah ada dermaga marinir yang setiap saat ada kapal patroli yang siaga dan tidak pernah dihantam ombak besar. Selain itu kelapa sawit juga dikirim kelaut yaitu di wilayah muara Sungai Seblat dan hingga sekarang tidak ada masalah.

PEMBAHASAN

Formasi Lemau merupakan formasi batuan yang paling luas dan panjang penyebarannya, mulai dari Kabupaten Muko-Muko paling utara hingga Kabupaten Kaur paling selatan di Provinsi Bengkulu. Secara keseluruhan belum ada data yang terinci tentang penyelidikan formasi batuan ini, padahal kondisi penyebarannya sangat luas dan sebagian telah dilakukan penyelidikan oleh beberapa perusahaan domestik dan pihak Departemen Pertambangan dan Energi pada kurun waktu tahun 80 an.

Ditinjau dari kualitas dan kuantitas batubara yang terdapat di wilayah Kecamatan Putri Hijau, sangat menjanjikan apabila ditindak lanjuti secara rinci karena keberadaan lapisan batubara yang cukup tebal, selain itu masih ada lapisan lain yang belum terdeteksi secara detail. Kualitas batubara memperlihatkan jenis batubara kualitas sedang/Sub Bituminous kelas A-B (USA-ASTM), dimana jenis ini sangat diperlukan untuk pembangkit tenaga listrik/power plan.

Lapisan batubara yang dianggap Lapisan/seam 2 di lapngan jelas sekali memperlihatkan kontinuitas lapisan yang berkelanjutan, sehingga secara hipotetik sumber daya batubara di wilayah Putri Hijau diperkirakan sebanyak 16.380.000 ton, jumlah ini belum terhitung lapisan 3 dan 4 yang terdapat di bawah lapisan 2 tersebut.

Sangatlah bijak apabila pemerintah pusat dan pemerintah provinsi maupun pemkab untuk melakukan penyelidikan secara terinci, sehingga hasilnya dapat disimpulkan untuk mengetahui

jumlah cadangan terukur di wilayah Provinsi Bengkulu tersebut. Pada saat ini masih banyak pengusaha melakukan penyelidikan dan mengambil kuasa pertambangan secara tidak relevan untuk kedepannya, terkadang banyak lahan yang mempunyai status KP eksplorasi dan eksploitasi tapi tidak ada kegiatan sama sekali.

Tenaga listrik yang menggunakan bahan bakar batubara pada saat ini melonjak tajam terutama untuk wilayah Pulau Jawa dan Bali, sedangkan kualitas batubara di Bengkulu sangat menunjang untuk itu, selain jarak antara Bengkulu dan Pulau Jawa paling dekat apabila dibandingkan dengan pasokan dari Kalimantan. Kuantitas sangat memadai karena jumlah batubara di Bengkulu belum secara maksimal dilakukan penambangannya, di provinsi ini hanya batubara kualitas tinggi yang hampir habis cadangannya, karena telah lama ditambang oleh beberapa perusahaan di wilayah Kecamatan Taba Penanjung, Kabupaten Bengkulu Utara.

Provinsi Bengkulu dimasa yang akan datang apabila tidak sesegera mungkin mengoptimalkan penambangan dan pengolahan batubara di wilayahnya, dikemudian hari akan kebanjiran batubara yang dikirim dari Provinsi Jambi dan Sumatra Selatan, yang pengangkutannya direncanakan akan dilakukan dengan menggunakan jalan kereta api, juga menggunakan bahan bakar batubara. Dengan demikian Provinsi Bengkulu harus cepat berbenah diri untuk menyambut rencana tersebut, terutama untuk wilayah yang tidak dilalui rel kereta api, seperti halnya Kabupaten Muko-Muko, Kecamatan Putri Hijau, Kecamatan Ketaun yang terletak di bagian utara daerah rencana yang menggunakan rel tersebut.

Diharapkan ada kesepahaman antara pemerintah pusat dan daerah untuk melakukan diversifikasi endapan batubara di wilayah Bengkulu tersebut, diutamakan untuk melakukan penyelidikan lanjut dengan menggunakan alat pemboran inti, agar dapat mengetahui sebaran dan sumber daya batubara yang dapat ditambang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Putri Hijau dapat ditempuh dari Kota Bengkulu selama 3 jam 45 menit dengan menggunakan kendaraan roda empat, lokasi wilayah tersebut tidak begitu jauh dari pantai barat Provinsi Bengkulu. Jarak antara Kota Bengkulu dengan jalan ke arah sejumlah singkapan batubara ± 80 km hingga 120 km, dengan menggunakan jalan aspal dan dilanjutkan dengan menggunakan jalan desa dan jalan pemukiman transmigrasi.

Komoditi bahan galian batubara di Bengkulu Utara sangat menjanjikan untuk dikelola secara teratur, karena di wilayah ini terdapat beberapa jenis batubara yang mulai dari kalori rendah,

kalori sedang hingga kalori tinggi, ketiganya dicari oleh investor untuk ditambang dan di ekspor terutama ke India dan Timur Tengah.

Batubara yang berada di wilayah Bengkulu inilah merupakan hasil endapan pada cekungan antar gunung, sehingga terjadi ketidak sinambungannya endapan batubara yang terdapat di dalam Formasi Lemau ini. Endapan batubara di Bengkulu memperlihatkan bentuk lensa-lensa, sehingga perlu dilakukan penyelidikan secara terinci dengan titik pengamatan 50m pada kalori rendah hingga sedang, sedangkan pada kalori tinggi harus lebih terinci lagi.

Perkiraan sementara untuk sebaran batubara di dalam Formasi Lemau di Kecamatan Putri Hijau, mulai dari Air Lanang hingga Tanjung Dalam mencapai 2 km, dari Tanjung Dalam ke arah Air Lelangit sulit untuk mencari singkapan dan tidak ditemukan adanya singkapan batubara. Sedangkan dari Pondok Bakil ke arah barat laut diperkirakan sejauh 1,5 km dan ke arah tenggara ke Gunung Payung sejauh 2,5 km, kalau dilihat dari sebaran singkapan yang dikorelasikan secara keseluruhan, panjang endapan batubara di wilayah Kecamatan Putri Hijau mencapai ±12 km, sedangkan kearah down dip masih belum bisa diprediksi secara keseluruhan. Apabila dilihat dari PT Firman Ketaun mereka menyatakan bahwa paling pendek sebaran ke arah down dip adalah sepanjang 350m hingga 600m.

Kualitas batubara pada umumnya memperlihatkan kandungan kalori antara 5100 5600 kcal/kg, total moisture < 20%, kangsungan sulfur < 1%, kadar abu antara 17,2 23%, volatile matter 38,1%, fixed carbon 33,2%, dikategorikan sebagai Sub Bituminous kelas A-B (USA, ASTM) dari hasil analisis PT Firman Ketaun Mining. Jenis batubara tersebut pada saat ini hamper 70% menguasai pasar domestic dan internasional, jadi sangat dicari untuk pem-bangkit tenaga listrik/power plan.

Perhitungan sumber daya secara hipotetik dengan asumsi tebal batubara tertambang sekitar 4,5m, maka jumlah batubara di Putri Hijau sekitar $6.000m \times 600m \times 3,5m \times 1,3 = 16.380.000$ ton.

Disarankan untuk pemerintah daerah dalam memberikan surat kuasa pertambangan kepada para investor, harus ditanyakan mengenai kesanggupan membuat jalan tambang minimal 25 km, apakah secara individu atau kerja sama. Kemudian para pengusaha disarankan untuk membuat dermaga tambat disekitar muara Sungai Seblat dan Sungai Ketaun, seperti dermaga Marinir dan Kelapa Sawit.

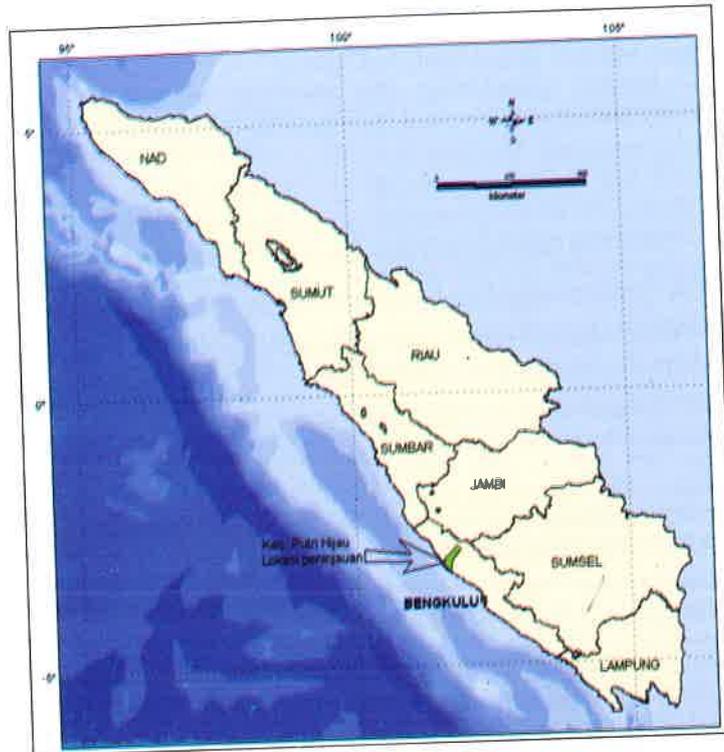
UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Bpk Ahuat, Ir. Dadang T.A, MSc, sebagai sponsor dalam melakukan penyelidikan ini, juga kepada rekan-rekan atas masukan dan sarannya, terutama kepada Ir. Dedi Amarullah dan Pusat Sumber Daya Geologi atas dimuatnya makalah ini.

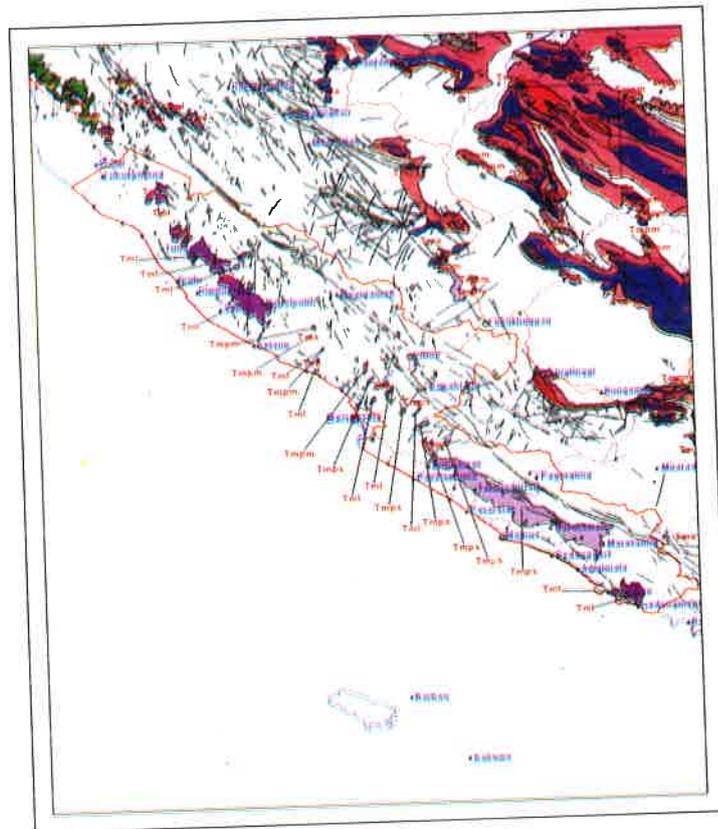
ACUAN

- Bemmelen R.W. van, 1949. The Geology of Indonesia vol.1, Government Printing Office, The Hague.
- Bitu Engineering, 1984. Pemanfaatan Sumber Daya Mineral di Daerah Bengkulu, Bandung, 1984.
- Boesono. M., 1970. Konservasi Mineral di Daerah Bengkulu, Dinas Konservasi Pencadangan Direktorat Pertambangan Umum, Jakarta tidak diterbitkan.
- BPS Bengkulu, 1983. Dalam rangka inventarisasi sumber daya alam Provinsi Bengkulu bekerjasama dengan pihak Kanwil Pertambangan dan Energi Sumatra Bagian Selatan, di Sumatra Selatan tidak diterbitkan 1983.
- Dinarna T.A., 2003. Inventarisasi dan Evaluasi Endapan Batubara Kabupaten Bengkulu Utara dan Kabupaten Bengkulu Selatan, Provinsi Bengkulu, Sub Dit Batubara DIM, Bandung.
- Gafoer S.; Amin T.C. & Pardede, 1992. Geologi Lembar Bengkulu, Sumatera, skala 1 : 250.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung.
- Hartoyo B dkk, 1982. Hasil Penyelidikan Umum Terhadap Batubara di Kecamatan Kerkap, Putri Hijau, Kabupaten Bengkulu Utara, Kanwil Pertambangan dan Energi dan Kantor Wilayah Sumatra bagian Selatan, Sumatra Selatan.
- Ilyas S., dkk, 1995. Laporan Eksplorasi Endapan Batubara di daerah Tanjung Dalam Ketaun, Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu, Direktorat Sumber Daya Mineral, Bandung
- Katili 1984 Projek Konservasi Pertambangan Endapan batubara di Indonesia, 1979. Direktorat Teknik Pertambangan Umum, SubDirektorat Konservasi, Jakarta, 1979.
- Ratman N., dkk, 1978. Peta Geologi Lembar Bengkulu 6/x dan lembar Manna 6/xi sekala 1:250.000 Direktorat Geologi Bandung.

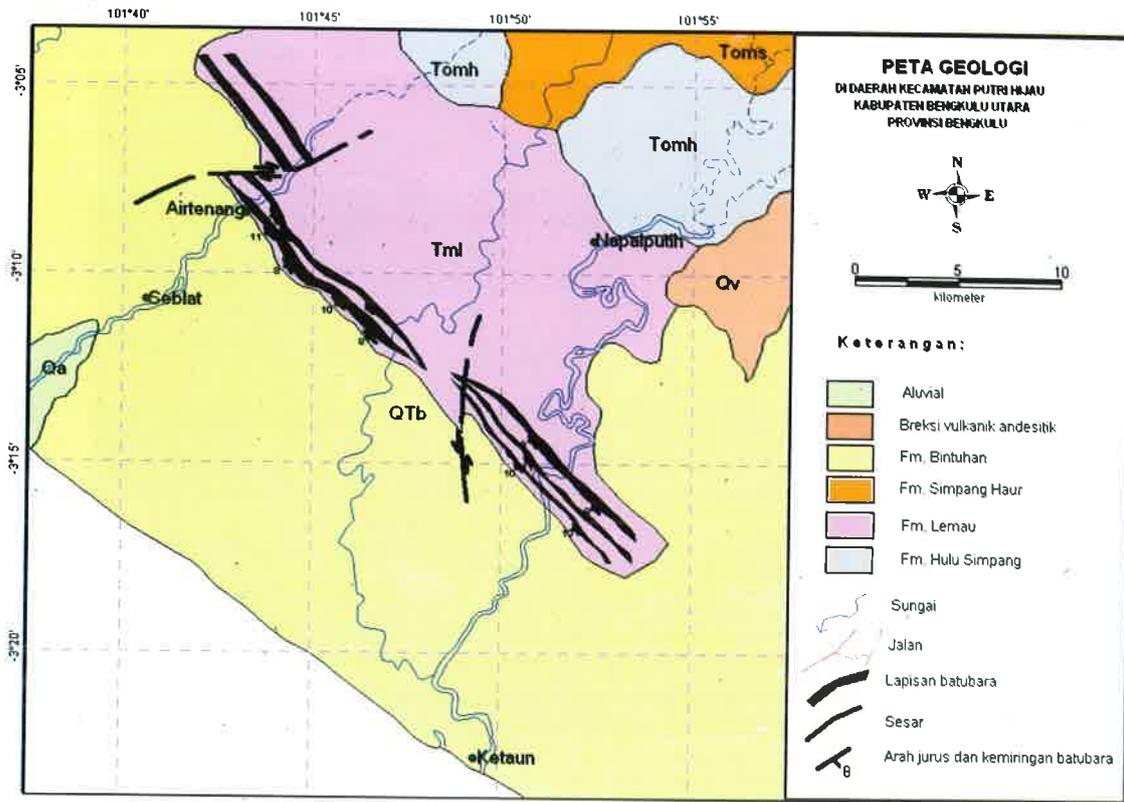
LAMPIRAN GAMBAR :



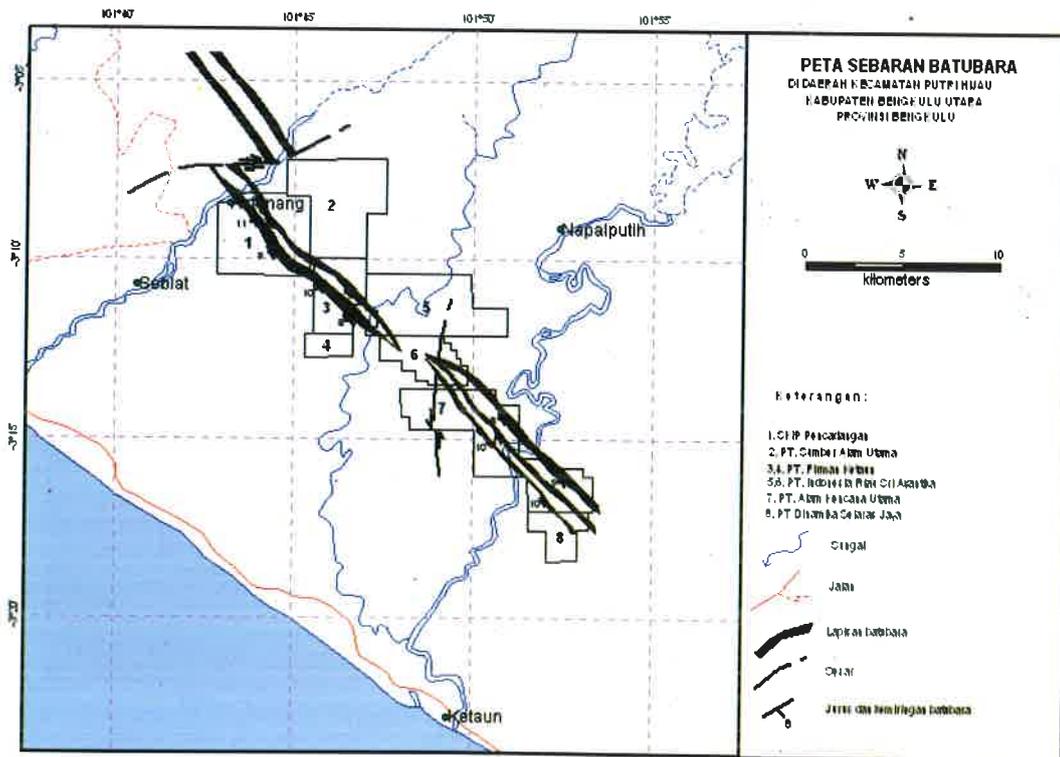
Gambar 1. Peta Lokasi Peninjauan di wilayah Putri Hijau, Provinsi Bengkulu



Gambar 2. Formasi batuan yang mengandung batubara di wilayah Bengkulu dan Jambi, dari data base PMG, 2008. Tml=Formasi Lemau, Tpm= Formasi Muara Enim 1, Tps= Formasi Simpang Haur.



Gambar 3. Peta Geologi Putri Hijau dan plotting singkapan batubara di dalam Formasi Lemau sebagai formasi pembawa batubara (Ratman N., dkk, 1978)



Gambar 4. Peta sebaran batubara di daerah Putri Hijau, Provinsi Bengkulu

LAMPIRAN FOTO-FOTO LAPANGAN



Foto 1. Singkapan batubara di wilayah Pondok Bakil, dengan ketebalan $> 4,5\text{m}$, $N156^{\circ}E/8^{\circ}$, memperlihatkan kualitas sedang (tersingkap si sekitar kebun kelapa sawit.)



Foto 2. Singkapan batubara di wilayah Tanjung Dalam dengan ketebalan $>3,5\text{m}$, $N 163^{\circ}E/12^{\circ}$, kualitas batubara sedang dengan parting batulempung 10 s/d 35 cm



Foto 3. Singkapan batubara di wilayah paling selatan yaitu di Gunung Payung, tebal 6m, N $148^{\circ}E/9^{\circ}$, sedikit mengandung lapisan kayu akan tetapi kualitas sama dengan di wilayah Pondok Bakil.



Foto 4. Singkapan batubara di wilayah Air lanang, Suka maju dengan tebal $> 2,5m$, kualitas sedang N $176^{\circ}E/10^{\circ}$, di wilayah ini ada lokasi batubara terbakar dan banyak singkapan.



Foto 5. Tata guna lahan berupa ladang dan kebun kelapa sawit kepunyaan masyarakat setempat, sebagian tidak ditanami karena kurang bagus hasilnya.



Foto 6. Singkapan batubara di wilayah PT Firman Ketaun, memperlihatkan adanya patahan, sehingga kalorinya mencapai > 6000 kcal/kg, $N198^{\circ}E/35^{\circ}$, tebal antara 1m hingga 1,5m.

**SUMUR INJEKSI MT- 6
DI LAPANGAN PANAS BUMI MATALOKO,
KABUPATEN NGADA NUSA TENGGARA TIMUR**

Oleh :
SUPARMAN

Penyelidik Bumi Madya
Kelompok Program Penelitian Panas Bumi
Pusat Sumber Daya Geologi

SARI

Litologi sumur MT-6 disusun oleh Breksi Tufa Terubah dan Andesit Terubah. Mineral ubahan didominasi oleh oksida besi dan mineral lempung (kaolinit, smektit dan montmorilonit), dengan/tanpa, pirit, karbonat/kalsit, kuarsa sekunder, dan anhidrit dengan Intensitas ubahan bervariasi dari sedang sampai sangat kuat, termasuk dalam tipe ubahan argilik dikelompokkan menjadi lapisan overburden dan lapisan penudung.

Mulai kedalaman 42.45 m terjadi hilang sirkulasi total (TLC), atasi TLC dengan berbagai macam material loss (LCM) dan beberapa kali semen sumbat, tidak berhasil. Operasi pemboran dilanjutkan dengan bor buta sampai kedalaman 123.76 m.

Zona loss diperkirakan berupa rongga besar terutama pada interval kedalaman 43 s/d 48 m, ditunjukkan dengan terjadinya "drilling break", rekahan diperkirakan menerus tidak teratur sampai dasar, interpretasi ini diperkuat oleh terjadinya TLC walaupun telah dimasukan puluhan meter kubik LCM dan lebih dari 2000 M³ air serta lumpur.

Temperatur sumur injeksi MT-6 di kedalaman 123 m terukur = 63.2 C, menunjukkan adanya gradien panas di kedalaman tersebut, tetapi tidak akan menimbulkan semburan karena masih jauh ke temperatur "boilling point".

Sumur MT-6 cocok digunakan sebagai sumur injeksi di lapangan panas bumi Mataloko, karena tidak berpengaruh terhadap sumur-sumur terdahulu (MT-2, MT-3, MT-4, dan MT-5), tidak ada aliran balik (TLC), serta tidak mengkontaminasi mata air di sekitar lokasi sampai jarak 4 km dengan beda ketinggian lebih dari 300 m.

ABSTRACT

The MT-6 injection well consist of altered breccia and altered andesite lava flows. Secondary minerals are dominated by iron oxide, clay minerals (kaolinite, smectite and monmorilinite) with/without pyrite, calcite, secondary quartz, and anhydrite, intensity are variated from medium to very intense belong to argillic type and grouped to overburden and cap rock layers.

From 42.45 m in depth, total loss circulation (TLC) occurred, overcome TLC with pumped LCM, injected many materials and cementing plug, unsuccess. Continuoe blind drilling until 123,76 m in depth.

Loss zone are estimated as big fractures, especially from interval 43-48 m depth, it was identified by drilling break, fractures are unirrregular continuoe to the bottom, the interpretation is supported by TLC although have been injected LCM and pumped more than 2000 M³ water and mud. At 123 m depth maximum temperature is 63.2 C, in bottom has a gradient geothermal but will not blow out because very far to boiling point temperature. The MT-6 is suitable become injection well because is not affected to another previous wells and then uncontaminated springs approximaly 4 km³ around location with more than 300 m different ground level.

PENDAHULUAN

Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat, dan semakin menipisnya cadangan energi terutama energi fosil seperti minyak bumi dan batubara, maka pemerintah melalui kebijakannya mengusahakan disertifikasi di bidang energi. Indonesia merupakan negara yang mempunyai cadangan energi panas bumi yang cukup banyak dan tersebar luas, maka energi panas bumi merupakan sumber daya energi yang paling tepat untuk dikembangkan di wilayah Indonesia, khususnya di Indonesia bagian timur yang memang miskin

akan sumber daya energi lainnya selain energi panas bumi. Seiring dengan telah berproduksinya sumur MT-2, MT-3 dan MT-5 di lapangan panas bumi Mataloko, maka akan didirikannya Power Plant Pembangkit Listrik Tenaga Panas bumi (PLTP) di sekitar lapangan panas bumi tersebut.

Maksud pemboran sumur injeksi MT-6 adalah untuk mendapatkan zona permeabilitas tinggi di bawah permukaan. Tujuannya adalah akan digunakan untuk menampung buangan air sisa dari power plant Pembangkit Listrik Tenaga Panas bumi (PLTP) Mataloko, sehingga tidak

terjadi pencemaran lingkungan dan sekaligus merupakan suplai air ke bawah permukaan dengan harapan kontinuitas uap dari sumur produksi tetap terjaga.

Lapangan panas bumi Mataloko berada sekitar 15 km timur kota Bajawa termasuk kedalam Kelurahan Toda Belu, Kecamatan Golewa, Kabupaten Ngada Nusa Tenggara Timur. Secara geografis, terletak antara koordinat 8° 49' 55" 8° 55' 33" LS dan 121° 03' 32" 121° 09' 09" BT. Sedangkan lokasi sumur injeksi MT-6 ada pada posisi (UTM) X = 288.126 m, dan Y = 9.023.027 m, dengan ketinggian 968 meter di atas permukaan laut (Gambar 1).

Penyelidik terdahulu di lapangan panas bumi Mataloko terdiri dari : Penyelidikan terpadu (geologi, geokimia, geofisika), pemboran tiga (3) sumur eksplorasi dan dua (2) sumur delineasi (periode tahun 2000 2005). Kerja sama bilateral antara pihak jepang (GSJ, AIST dan NEDO) dengan Direktorat Jenderal Geologi dan Sumber Daya Mineral (DJGSM) Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia (April 1997 Maret 2002) meliputi penyelidikan geologi, geokimia, pemboran sumur eksplorasi dan penyediaan pe-rangkat/program komputer dalam pemodelan sistem panas bumi (iGEMS) di lapangan panas bumi Mataloko. Hasil penyelidikan terdahulu tersebut menyatakan :

Lapangan panas bumi Mataloko termasuk kelompok gunungapi muda (Gunung Inelika, Gunung Inerie, Gunung Wolo Bobo dan Gunung Ebulobo), memperlihatkan adanya kelurusan barat-laut tenggara dan kelurusan lain berarah utara selatan (zona sebaran Wolo Bobo) merefleksikan dapur magma berbentuk "dike" di bawah sistem panas bumi Mataloko (Muraoka et al, 1999).

Hasil korelasi stratigrafi pada peta geologi regional (Muraoka H. et al., 1999), peta geologi daerah Mataloko (Fredy, N. et al., 1997, dan 1998) menunjukkan bahwa sistem panas bumi Mataloko terbentuk post kaldera Bajawa (0.1 0.2 Ma BP) atau relatif bersamaan dengan munculnya kerucut sinder Wolo Belu, Wolo Bela, Wolo Riti dan Wolo Lele (0.17 0.01 Ma BP).

Penyelidikan geolistrik lapangan panas bumi Mataloko Nage melalui 10 (sepuluh) jalur survei, yakni A, B, C, D, F, H, J, K, L, M dan N, termasuk 1 (satu) jalur di daerah Nage (Uchida T. dan Andan A., 1998). Lapisan resistif permukaan (100 ohm-m) dan lapisan konduktif (± 10 ohm-m) muncul di hampir semua jalur survei. Ketebalan lapisan

resistif permukaan bervariasi antara 100 - 300 m, sedangkan lapisan resistif ketiga (zona reservoir) tercatat pada beberapa lokasi di jalur C dan K (kedalaman lebih dari 600 m). Kehadiran lapisan resistif ini disokong oleh penelitian CSAMT (Uchida, T et al., 2002).

Anomali potensial-diri (SP) positif tertinggi dijumpai pada manifestasi panas bumi Mataloko dan tidak ada anomali positif tunggal di Nage (Yasukawa, K. et al., 2002). Pola distribusi SP menunjukkan zona upflow dangkal di Mataloko. Hal penting dicatat bahwa lokasi-B memberikan respons SP positif saat uap sumur MT -2 dialirkan.

Tiga sumur eksplorasi dan dua sumur delineasi di lapangan panas bumi Mataloko (periode tahun 2000 2003), yaitu sumur landaian suhu MTL-01 (TD = 103.23 m), sumur eksplorasi MT-1 (TD = 207.26 m), dan MT-2 (TD = 180.02 m), serta sumur delineasi MT-3 (TD = 613 m) dan MT-4 (TD = 756.47 m), MT-5 (TD = 378.20 m) yang mampu mengalirkan uap.

PEMBORAN SUMUR INJEKSI MT - 6

Kegiatan pemboran Sumur Injeksi MT-6 diawali bor formasi menggunakan rangkaian pahat (TB) 9 7/8" (pilot hole 17 1/2") sampai kedalaman 19.42 m. Cabut rangkaian sampai permukaan. Per-besar lubang pakai pahat (TB) 17 1/2" sampai kedalaman 19.42 m, lanjut bor formasi hingga kedalaman 23 m, sirkulasi. Persiapan, dan masuk selubung (Casing) 13 3/8" sampai kedalaman 21.58 m, set sepatu selubung (shoe) di kedalaman 21.58 m, semen selubung dan tunggu semen kering (TSK).

Lanjut pemboran diawali dengan potong kelebihan casing 13 3/8" dan pasang Blow Out Preventer (BOP) group. Masuk rangkaian pahat (TB) 12 1/4" sampai puncak semen (TOC) di kedalaman 11.51 m, bor semen dari 11.51 s/d 29.90 m, stop bor untuk ganti bit, sirkulasi bersih di dasar. Cabut rangkaian s/d permukaan, masuk rangkaian pahat (TB) 12 1/4" sampai 29.90 m, lanjut bor formasi dari 29.90 s/d 42.45 m, terjadi hilang sirkulasi total (TLC). Atasi loss berulang-ulang dengan masukkan material hilang sirkulasi (LCM) yang terdiri dari micatex, serbuk gergaji, batang pisang, rumput alimusa, bata merah, tanah, pasir, kerikil-kerakal, bola-bola dan bentonit, dorong/ padatkan pakai rangkaian pahat 12 1/4" s/d kedalaman 42.30 m, sambil pompakan air dan lumpur berat (barite), dan lakukan semen sumbat sebanyak 5 kali, hilang

sirkulasi total (TLC) tidak dapat diatasi. Lanjut bor buta (blind drilling), memakai TB 12 ¼" dari 42.45 s/d 49.05 m, sirkulasi pakai air, stop bor karena persediaan air di bak penampungan habis, cabut rangkaian dan gantung di 39.78 m, isi bak penampungan air, sampai penuh. Masuk rangkaian TB 12 ¼" sampai 48.18 m (duduk), bor ulang dari 48.18 s/d 49.05 m, lanjut bor buta (blind drilling) dari 49.05 s/d 54 m, sirkulasi pakai air, terdengar ada suara asing. Cabut rangkaian sampai 50.63 m, ada jepitan (Over Pull = 10 ton) lakukan spot lumpur kental, rangkaian bebas. Masuk rangkaian sampai 53.10 m (duduk), bor ulang dari 53.10 s/d 53.70 m, sirkulasi pakai air, ada jepitan dan torque naik. Cabut rangkaian ada jepitan (Over Pull = 15 ton) dan lakukan naik/turun rangkaian sambil diputar, sirkulasi pakai lumpur, berhasil (rangkaian bebas). Cabut rangkaian sampai permukaan untuk cek drill collar (DC) dan TB 12 ¼", hasil 1 (satu) DC rusak dan TB masih bagus. Masuk rangkaian TB 12 ¼", bor buta (blind drilling) dari kedalaman 54 s/d 57.40 m, sirkulasi pakai air. Stop bor, pompakan (spot) lumpur kental, cabut rangkaian sampai permukaan untuk ganti bit sambil tunggu air, lepaskan (Lay Down) TB 12 ¼" (insert, medium-hard) dan stabilizer. Masuk rangkaian TB 12 ¼" s/d 56.94 m (duduk), bor ulang dari 56.94 s/d 57.40 m, lanjut bor buta dari 57.40 s/d 62.08 m, sirkulasi pakai air. Kondisikan lubang dengan naik/turunkan rangkaian, sirkulasi di dasar pakai air dan spot dengan lumpur kental. Cabut rangkaian sampai permukaan. Persiapan dan masukan selubung (Casing) 10 ¾" sampai kedalaman 57.49 m (duduk), usaha masuk selubung lebih dalam tidak berhasil, sepatu selubung (shoe) di set di kedalaman 57.49 m. Persiapan dan semen selubung 10 ¾" pakai stringer, semen sampai permukaan, tunggu semen kering (TSK). Lakukan penyemenan dari atas (top job), potong kelebihan casing 10 ¾", pasang kepala sumur (Well Head, Reducer, Expansion Spool, Master valve) dan BOP group. Masuk rangkaian TB 9 5/8" sampai kedalaman 56.29 m untuk jajaki muka semen, hasil tidak ada semen dalam casing (kosong), coba sirkulasi pakai lumpur 6875 liter, tidak ada aliran balik (TLC). Persiapan dan atasi TLC dengan masukkan LCM (batang pisang + pasir halus) kedalam lubang 1 m³, masuk rangkaian TB 9 5/8" s/d 58.25 m (duduk), dorong LCM sambil diputar sampai kedalaman 62.08 m, sirkulasi pakai air, tidak berhasil. Cabut rangkaian sampai permukaan, atasi TLC dengan masukan LCM (pasir-kerikil, maksimum 2 cm) ke dalam lubang

sebanyak 1 m³. dorong LCM sambil diputar s/d 57.49 m, sirkulasi pakai lumpur, dilakukan berulang-ulang (10 kali). Bor buta dari 62.08 s/d 70 m, sirkulasi pakai air, TLC. Cabut rangkaian sampai permukaan, Persiapan dan masuk rangkaian TB 9 5/8" sampai kedalaman 53.10 m, dorong dan putar TB 9 5/8" sampai kedalaman 69.45 m, spot dengan lumpur kental. Cabut rangkaian sampai permukaan, ganti TB 9 5/8" (hard), masuk rangkaian sampai kedalaman 65.61 m (duduk), bor ulang dari 65.61 s/d 70 m. Bor buta dari 70 s/d 86.21 m, sirkulasi pakai air, spot dengan lumpur kental. Cabut rangkaian sampai permukaan untuk ganti bit TB 9 5/8", masuk rangkaian TB 9 5/8" (hard) sampai dasar, bor buta dari 86.21 s/d 106.71 m, sirkulasi pakai air, TLC, spot dengan lumpur kental. Stop bor, cabut rangkaian sampai 53 m (digantung), perbaikan pompa Koken. Turun rangkaian s/d 106.45 m (duduk), bor ulang dari 106.45 s/d 106.71 m. Bor buta dari 106.71 s/d 122.91 m, sirkulasi pakai air, TLC, spot dengan lumpur kental. Sambung dan turun rangkaian s/d 122.40 m (duduk), bor ulang dari 122.40 s/d 122.91 m, lanjut bor buta dari 122.91 s/d 123.55 m, sirkulasi dengan air, TLC, torque naik, ada jepitan, spot dengan lumpur kental, bebaskan jepitan dengan diangkat (OP = 10 15 Ton), berhasil, cabut rangkaian 12 meter. Turun rangkaian sampai kedalaman 123.46 m (duduk), bor ulang dari 123.46 s/d 123.55 m, lanjut bor buta dari 123.55 s/d 123.76 m, sirkulasi pakai air, TLC, spot dengan lumpur kental. Stop bor, cabut rangkaian sampai permukaan, untuk cek bit, bit masih bagus. Masuk rangkaian TB 9 5/8" s/d 123.40 m (duduk), bor ulang dari 123.40 s/d 123.76 m, sirkulasi pakai air, TLC, torque naik. Spot dengan lumpur kental sambil naik dan turunkan rangkaian. Cabut rangkaian ada jepitan (Over Pull = 15 20 Ton), jepitan lepas (rangkaian bebas). Karena telah terjadi beberapa kali jepitan (hole problem), maka diputuskan operasi pemboran trayek selubung 8 5/8" dihentikan di kedalaman 123.76 m. Gantung rangkaian di 123 m, coba pompakan lumpur dan air debit 1100 lpm (20 m³) sambil sirkulasi bersih di dasar, TLC. Cabut rangkaian sampai permukaan.

Sumur injeksi MT-6 dibuat dengan konstruksi sumur standard hole yang terdiri dari selubung 13 5/8" (0 21.58 m), selubung 10 ¾" (0 62.08 m), selubung 8 5/8" (0 57,9 m) dan 5 ½" slotted liner (57.9-123.76 m) (**Gambar 2**).

Geologi Sumur

Berdasarkan hasil analisis serbuk bor

sebanyak 14 contoh, maka diketahui litologi penyusun sumur injeksi MT-6 terdiri dari 2 satuan batuan, yaitu: 1) Breksi Tufa Terubah (BTT) dan 2) Andesit Terubah (AT).

Hasil analisis 14 contoh serbuk bor dari kedalaman 0-41 meter, menunjukkan batuan telah mengalami ubahan hidrotermal, kehadiran mineral-mineral ubahan adalah sebagai berikut :

- **Oksida besi**, (1-70 % dari total mineral), dijumpai di semua kedalaman, dengan jumlah yang berlimpah (dominan). Hadir sebagai hasil *replacement* dari mineral piroksen, plagioklas, dan gelas vulkanik. Pada beberapa fragmen dijumpai mengisi rekahan dan rongga batuan.
- **Mineral lempung**, (5-65 % dari total mineral), dijumpai di semua kedalaman, dengan jumlah banyak/berlimpah, terdiri dari jenis kaolin dan smektit/mont. Kehadiran mineral lempung ini terutama sebagai hasil proses argilitisasi terhadap mineral primer (plagioklas, piroksen) dan gelas vulkanik.
- **Kuarsa sekunder**, (0-15 % dari total mineral), hadir di semua kedalaman, sebagai *replacement* dari plagioklas dan sebagai hasil devitrifikasi terhadap gelas vulkanik. Dalam beberapa fragmen serbuk bor dijumpai sebagai pengisi rekahan/urat halus (*veins*) dan rongga batuan (*vugs*).
- **Pirit**, (0-2 % dari total mineral), dijumpai hampir di semua kedalaman, dengan jumlah jarang/sedikit. Hadir sebagai hasil ubahan/*replacement* dari mineral gelap seperti piroksen dan gelas vulkanik.
- **Karbonat** (0-1 % dari total mineral), dijumpai dari permukaan hingga interval kedalaman 15 m, dalam jumlah jarang, sebagai hasil ubahan/*replacement* dari mineral feldspar dan gelas vulkanik. Dijumpai juga sebagai pengisi rekahan/ urat halus dan rongga batuan.

Batuan-batuan tersebut sebagian besar mengalami ubahan hidrotermal dengan intensitas ubahan mulai dari lemah sampai sangat kuat. Secara umum batuan dikelompokkan sebagai lapisan penudung (*cap rock*) dengan tipe ubahan argillic (**Gambar 3**).

Struktur geologi ditafsirkan dari sifat fisik batuan seperti hadirnya breksiasi, milonitisasi yang dikombinasikan dengan parameter pemboran seperti, Kecepatan penembusan

batuan (ROP), hilang sirkulasi sebagian/total (PLC/TLC) dan terjadinya kecepatan pemboran yang tiba-tiba (*drilling break*).

Selama operasi pemboran sumur injeksi MT-6 mulai permukaan sampai kedalaman 42.45 m tidak terjadi hilang sirkulasi sebagian maupun total (PLC/TLC), selanjutnya mulai kedalaman 42.45 m terjadi hilang sirkulasi total (TLC) yang diawali dengan "drilling break". (**Tabel 1**). Lakukan usaha atasi hilang sirkulasi total (TLC) dengan micatex, serbuk gergaji, bata merah, bola-bola bentonit, batang pisang, rumput alimusa, serta dengan semen sumbat, tidak berhasil. Hilang sirkulasi total (TLC) di kedalaman 42.45m menunjukkan adanya rekahan/rongga batuan yang besar dan diduga terdapat aliran air dingin. Interpretasi ini diperkuat dengan tidak tertutupnya zona loss tersebut walaupun sudah puluhan meter kubik material loss (LCM) yang dimasukkan ke dalam sumur dan semen sumbat untuk menutup zona loss tersebut (**Tabel 2**).

Lonjakan temperatur lumpur pembilas masuk/keluar selama berlangsungnya operasi pemboran sumur injeksi MT-6 dari permukaan hingga kedalaman 41 meter belum menunjukkan lonjakan temperatur yang berarti, yaitu masih sekitar 0-0.3 C, dengan temperatur lumpur masuk = 24.333.3 C dan keluar = 24.3 33.5 C.

Pengukuran temperatur sumur injeksi MT-6 dilakukan pada kedalaman 123 m, sesudah set liner 5 ½". Hal ini didasarkan kepada interpretasi hasil penyelidikan secara terpadu dari metode-metode geologi, geokimia dan geofisika; dimana menyebutkan bahwa daerah reservoir akan ditemukan pada kedalaman sekitar 100 400 meter.

Data logging temperatur sumur injeksi MT-6 di permukaan terukur 26,5 °C. Sedangkan pada dasar lubang bor (123 m) terukur 53.3 °C, dan temperatur naik menjadi 63.2 °C setelah tool direndam selama 5 jam. Hasil perhitungan memakai metoda "Horner Plot" temperatur formasi di kedalaman 123 m adalah 65.69 °C. Pada posisi kedalaman ini jelas menunjukkan adanya anomali panas dengan peningkatan temperatur sebesar 33 °C per 100 m.

PEMBAHASAN

Berdasarkan karakteristik ubahan hidrotermal, litologi sumur injeksi MT-6 diinterpretasikan bahwa mulai dari permukaan sampai kedalaman 6m merupakan lapisan "over burden" yang disusun oleh "unconsolidated"

Breksi Tufa Terubah intensitas ubahan sangat kuat, didominasi oleh mineral lempung dan oksida besi, yang mencerminkan temperatur rendah. Selanjutnya, dari kedalaman 6 m hingga 41 m, batuan tersusun oleh perlapisan Breksi Tufa Terubah dan Andesit Terubah (dominan) dengan intensitas ubahan bervariasi dari sedang sampai sangat kuat, dengan mineral ubahan didominasi oleh mineral lempung (kaolinit, smektit/ montmorilonit), oksida besi dengan/tanpa pirit, kuarsa sekunder, kalsit menunjukkan tipe ubahan argilic yang dianggap sebagai batuan penudung panas (clay cap), dengan temperatur relatif rendah. Litologi dari kedalaman 41 m sampai dasar (123,76 m) tidak diketahui karena bor buta (blind drilling).

Terjadinya hilang sirkulasi total mulai di kedalaman 42.45m, yang diawali dengan kecepatan penembusan batuan (ROP) naik dari 144 menit/meter menjadi 82 menit/meter (drilling break), tekanan pompa turun dari 1.5 menjadi 0 KSc. Setelah dilakukan atasi hilang sirkulasi beberapa kali dan tidak berhasil, maka operasi pemboran dilanjutkan dengan bor buta (blind drilling) sampai kedalaman 123.76 m.

Data kecepatan penembusan batuan (ROP) interval kedalaman 43 s/d 48 m tercatat berkisar antara 7-89 menit/meter, selanjutnya dari kedalaman 48 s/d 123.76 m berkisar antara 68-543 menit/meter, dan tekanan pompa 0-3 KSc, setelah dibandingkan parameter bor yang terdiri dari tekanan pada bit (WOB), kecepatan putaran rangkaian (RPM) dan kecepatan pompa lumpur (SPM), litologi sumur MT-6 sampai kedalaman 123.76 m diperkirakan disusun oleh batuan relatif keras (Lava ?), belum mengalami ubahan hidrotermal cukup kuat (SM/TM = lemah sedang).

Data kecepatan penembusan batuan (ROP) di bagian bawah (kedalaman akhir) sumur dengan parameter bor (WOB, RPM dan SPM) yang relatif sama cenderung naik dari 543 menit menjadi 133 menit/meter (ROP bervariasi dan terjadi beberapa kali "drilling break") tetapi tekanan pompa menunjukkan berkisar antara 0 - 3 KSc. Hal ini menunjukkan batuan (litologi sumur) relatif keras dan mempunyai rekahan-rekahan (zona lemah) yang tidak teratur.

Hal ini menunjukkan bahwa pada sumur injeksi MT-6 terdapat zona loss yang sangat besar yang diperkirakan berupa rongga-rongga yang besar pada terutama interval kedalaman 43 s/d 48 m, selanjutnya diikuti oleh rekahan-rekahan yang menerus sampai dasar (123,76 m),

interpretasi ini diperkuat oleh terjadinya TLC walaupun telah dimasukan puluhan meter kubik LCM dan lebih dari 2000 M3 air dan lumpur (Tabel 2).

Berdasarkan data pada setiap cabut rangkaian dari dalam lubang sumur sampai permukaan, rangkaian bit, DC dan stang bor (DP) selalu bersih (tidak pernah dijumpai ada fragmen menempel pada bit, DC maupun DP), hal ini mengindikasikan adanya air yang kemungkinan mengalir (?) terutama pada interval kedalaman 43-48 m.

Hasil pengukuran temperatur lubang sumur injeksi MT-6 di kedalaman 123 m, temperatur terukur = 53.3C dan setelah direndam sekitar 5 jam temperatur naik menjadi 63.2 C (maksimum). Hasil perhitungan memakai metoda "Horner Plot" (Menzeis A.J, Roux at all, 1979) temperatur formasi di kedalaman 123 m adalah 65.69 oC. Data T-logging ini menunjukkan ada anomali gradien panas sebesar 33 oC per 100 m, hal ini tidak akan menimbulkan semburan di sumur injeksi MT-6 mengingat temperatur yang masih jauh dari boilling point pada kedalaman 123.76 m (> 180 C).

Berdasar data di atas, Sumur MT-6 cocok untuk digunakan sebagai sumur injeksi di lapangan panas bumi Mataloko, karena berada pada bentang alam (morfologi) yang berbeda dengan sumur terdahulu sehingga tidak berpengaruh terhadap sumur-sumur terdahulu (MT-2, MT-3, MT-4, dan MT-5), tidak ada aliran balik (TLC) selama pemboran walaupun telah dimasukkan LCM, semen sumbat, dan dipompakan lebih dari 2000 M3 air serta lumpur ke dalam lubang sumur. Selain itu didukung oleh data yang tidak ada kontaminasi LCM maupun semen terhadap mata air yang berada di sekitar lokasi sampai jarak 4 km dengan beda ketinggian lebih dari 300 m.

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian di atas, maka Sumur Injeksi MT 6 dapat disimpulkan, sebagai berikut:

1. Sumur Injeksi MT-6 berkedalaman 123.76 m, litologi sumur dari permukaan sampai kedalaman 41 m disusun oleh Breksi Tufa Terubah dan Andesit Terubah, Intensitas ubahan sedang sampai sangat kuat, batuan dikelompokkan menjadi lapisan over burden (0-6m), dan lapisan penudung (cap rock) dari kedalaman 6-41 m. Litologi selanjutnya tidak diketahui karena dilakukan bor buta (blind drilling)
2. Mineral-mineral ubahan hidrotermal di-

dominasi oleh oksida besi dan mineral lempung (kaolinit, smektit dan montmorilonit), dengan/tanpa; pirit, karbonat/kalsit, kuarsa sekunder, dan anhidrit yang termasuk dalam tipe ubahan argilic.

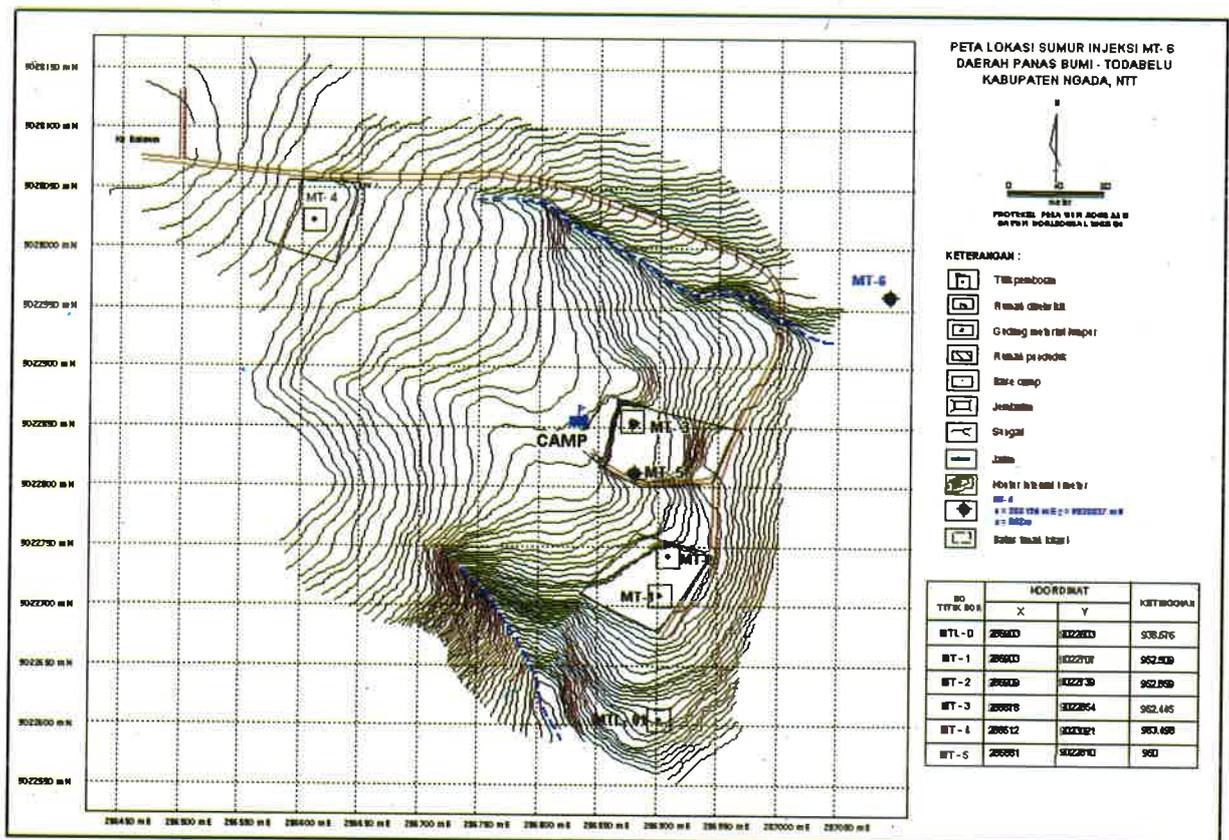
- Hasil pengukuran temperatur sumur injeksi MT-6 sampai kedalaman 123 m, temperatur terukur = 53.3C dan temperatur maksimum = 63.2 C. Terdapat anomali gradien panas di kedalaman tersebut sebesar 33 oC per 100 m, tetapi tidak akan terjadi semburan karena masih jauh ke "boiling point" (>180 C).

Sumur MT-6 sangat cocok dijadikan sumur injeksi di lapangan panas bumi Mataloko, karena tidak berpengaruh terhadap sumur-sumur (MT-2, MT-3, MT-4, dan MT-5), tidak

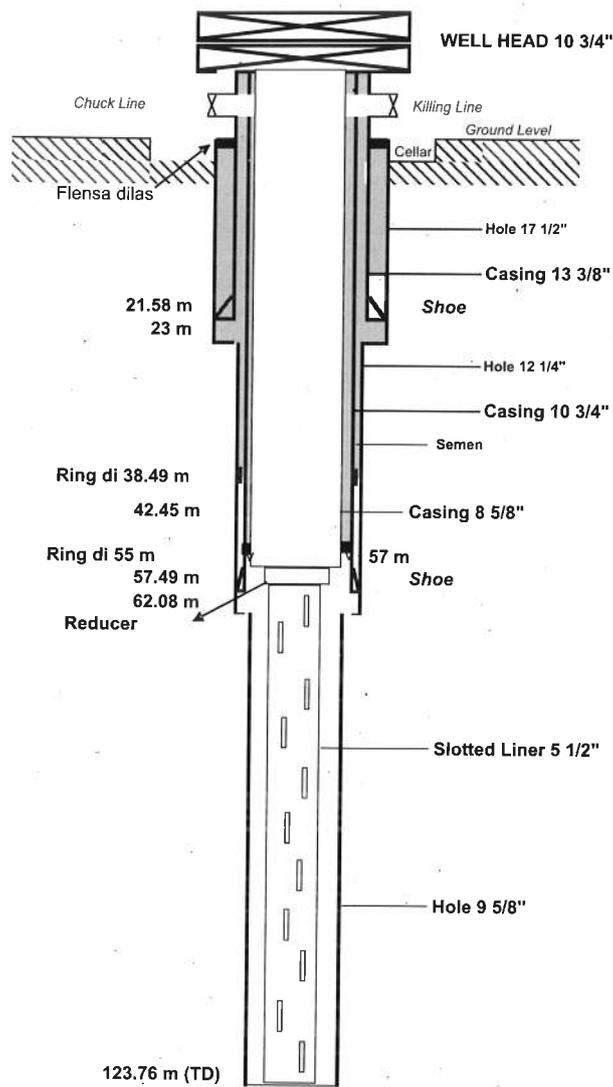
ada aliran balik (TLC) walaupun telah dipompakan lebih dari 2000 M3 air serta lumpur ke dalam lubang sumur dan tidak ditemukan kontaminasi LCM maupun semen terhadap mata air yang ada di sekitar lokasi sampai jarak 4 km dan beda ketinggian lebih dari 300 m.

Ucapan terimakasih

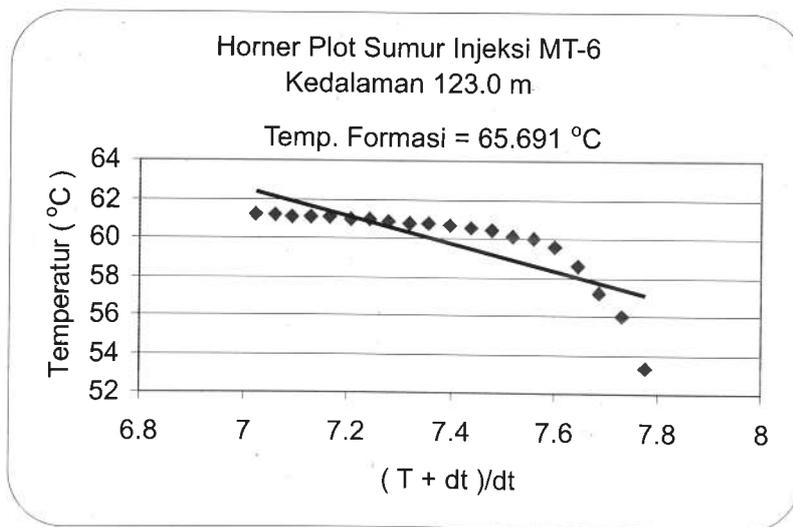
Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Sumberdaya Geologi, Koordinator Kelompok Penelitian Panas Bumi beserta jajarannya, Tim Editor dan teman-teman yang telah mendorong serta memberi semangat kepada penulis sehingga terselesaikannya makalah ini.



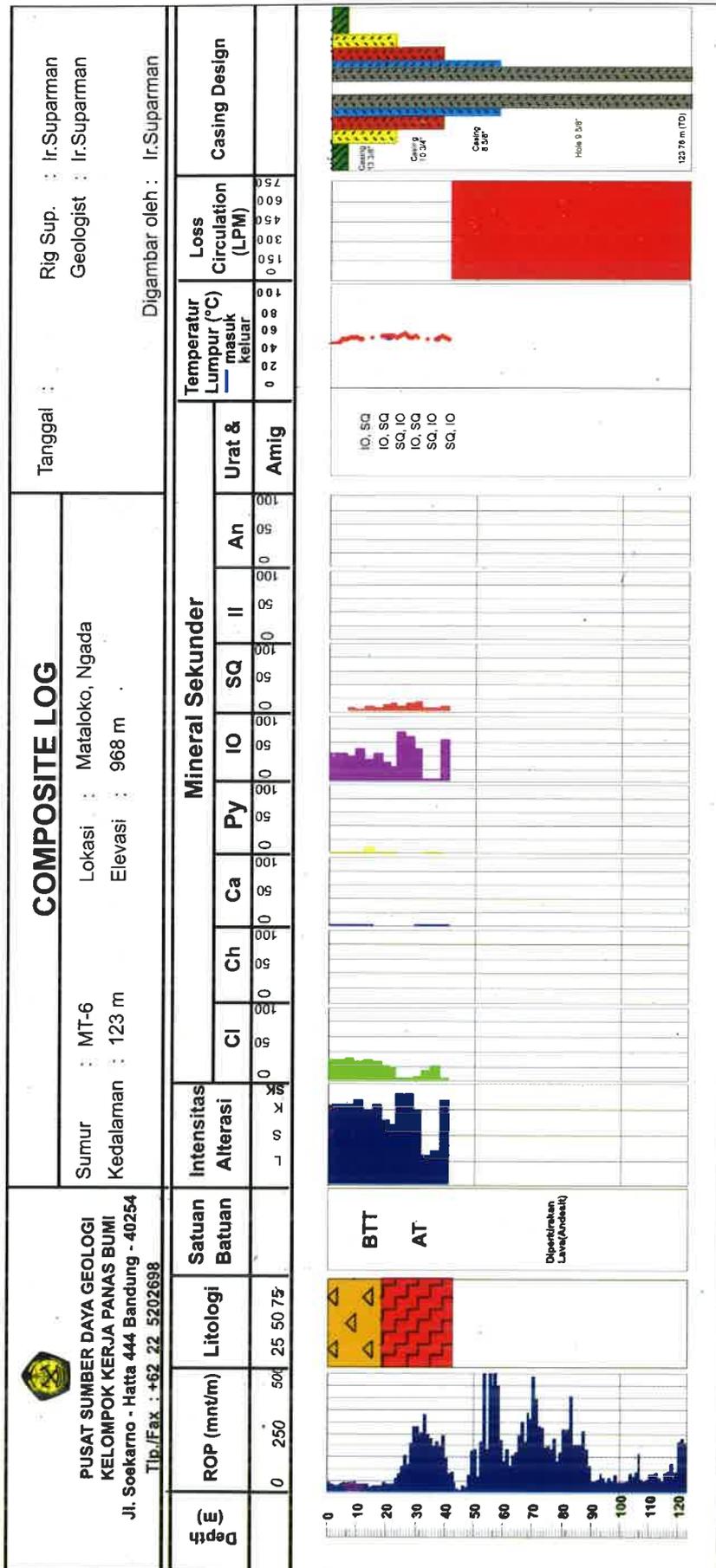
Gambar 1. Lokasi Sumur Injeksi MT-6



Gambar 3. : *Casing Design* Sumur Injeksi MT-6 Lapangan Panas Bumi Mataloko, Kab. Ngada - NTT



Gambar 4. Horner Plot Sumur Injeksi MT-6



Gambar 3. Composite Log Sumur Injeksi MT-6

Tabel 2 :
Material Loss yang Dipakai Untuk Atasi TLC di Sumur MT-6
Lapangan Panas Bumi Mataloko, Kab. Ngada - NTT

NO.	MATERIAL	JUMLAH	KETERANGAN	M ³
1	Semen	122 sak	Empat kali semen sumbat	5
2	Bentonit	37 sak	Dibuat bola-bola bentonit	43
3	Micatex	350 sak	Didorong dengan air	0.5
4	CMC	15 sak	Dimasukan lalu ditekan	0.6
5	Bata merah	600 buah	Dimasukan lalu ditekan	1
6	Serbuk gergaji	50 kg	Dimasukan lalu ditekan	0.5
7	Batang pisang	5 m ³	Dimasukan lalu ditekan	5
8	Barit	750 kg	Dimasukan lalu ditekan	1
9	Tanah	5 m ³	Dimasukan lalu ditekan	5
10	Air	1923776 lt	Bor buta	1923
11	Lumpur Kental	33 m ³	Spot H.Vis	33
12	Serbuk bor	1520 lt	Bor buta	1.5
Jumlah Total =				2019.1

No	Kedalaman (m)	Hilang Sirkulasi	Tekanan (KSc)	Keterangan
1	42.45	TLC > 680 lpm	0	Terjadi "Drilling Break" Atasi TLC dengan : - Semen sumbat sebanyak 4kali - Masukan LCM, micatex, serbuk gergaji, batang pisang, barite, bentonit, bata merah, tanah, rumput alimusa, Tidak berhasil, operasi pemboran dilanjutkan BOR BUTA Operasi pemboran pakai air Spot HV mud setiap kemajuan 3 meter
2	45 - 48	TLC > 660 lpm	0	Terjadi "Drilling Break"
3	54	TLC >660 lpm	0	Terjadi jepitan (OP 10 ton), cabut rangkaian bebas
4	54 - 84	TLC > 560 - 700 lpm	0 - 3	Beberapa kali rangkaian duduk di 57.49 dan 60.63 m Di kedalaman 70 m rangk terjepit (OP 15 ton). Cabut rangkaian, sub kelly putus, pancing "fish" berhasil Terjadi "Drilling Break" pada kedalaman 63 m & 79 m
5	85 - 87	TLC > 680 lpm	0	Terjadi "Drilling Break"
6	87 - 123.76	TLC > 660 - 720 lpm	1 - 2	Terjadi "Drilling Break" pada kedalaman 91m, 96 m 100 - 102 m, 108 - 109 m, 115 m, dan 119 m.
7	123.76	TLC >680 lpm	2	Terjadi beberapa kali rangkaian duduk di 123.40 m dan beberapa kali rangkaian terjepit di kedalaman 123.76 m (OP 15 - 20 ton)

ACUAN

Akasako, H., Matsuda, K., Tagamori, K., Koseki, T., Takahashi, H. and Dwipa, S. (2002). Conceptual models for geothermal system in the Wolo Bono, Nage and Mataloko field, in Bajawa area, Central Flores, Indonesia. Special Publication: Indonesia Japan Geothermal Exploration Project in Flores Island, p. 395-410.

Badan Standardisasi Nasional, 2001. Prosedur Uji Alir Fluida Sumur Panas Bumi, SGSM 32 2002.

Bain, R.W. (1964) Steam Tables. Physical Properties of Water and Steam (0-800 °C and 0-100 bars). Published by Her Majesty's Stationery Office, p. 147.

Directorate of Mineral Resources and Inventory (2001), Flow test report of the MT-2 well. The Mataloko Geothermal Field, Ngada Flores Island, East Nusatenggara. Published by DMRI, p. 130.

Interim Report, Geol. Surv. Japan 1-3 Higashi 1 chome, Tsukuba, Ibaraki, 305 8567 Japan.

Indonesia. Special Publication : Indonesia Japan Geothermal Exploration Project in Flores Island, p. 241-252.

- Menzeis A.J, Roux at all, 1979., Temperature Trancient Analyze.
- Menzeis A.J, Roux at all, 1979, Horner Plot.
- Muraoka, H., Nasution, A., Urai, M., Takahashi, M and Takashima, I. (1999). A geothermal regime constrained by dike shaped magma in Bajawa, Flores, Indonesia. In Abstract of 1999 Annual Meeting of Geothermal Research Society of Japan.
- Nanlohy, F dkk, 1997 : Geologi Daerah Panas Bumi Mataloko, Kabupaten Ngada, Flores-NTT. Laporan Dit. Vulk. Tdk dipubl.
- Nanlohy, F dkk, 1998 : Laporan Geologi dan Pemetaan Batuan Ubahan Daerah Panas Bumi Mataloko, Kabupaten Ngada, Flores Tengah-NTT. Laporan Dit. Vulk. Tdk. Dipubl.
- Nanlohy, F., Sitorus, K., Kasbani, Dwipa, S and Simanjuntak, J. (2002). Sub surface geology of the Mataloko geothermal field, deduced from MTL 01 and MTL-2 wells, Central Flores, East Nusatenggara, Indonesia. Special Publication : Indonesia Japan Geothermal Exploration Project in Flores Island, p. 335 345.
- Nanlohy, F dkk, 2004 Laporan Pemboran Sumur Deliniasi MT-4, Lapangan Panas Bumi Mataloko, Kabupaten Ngada NTT.
- Sitorus, K., Fredy, N (2000) Subsurface Geology of the Mataloko Shallow Well (MTL 01), the Mataloko Geothermal Field , Ngada NTT, Flores Indonesia. IAVCEI (18 22 July 2000), Bali Indonesia.
- Sitorus, K., Fredy, N., and Simanjuntak, J (2001). Drilling activity in the Mataloko Geothermal Field, Ngada NTT, Flores Indonesia. Proceeding Of the 5th INAGA annual Scientific Conference and Exhibitions. Yogyakarta, 6p.
- Suparman, Arif Munandar (2004) Laporan Pemboran Sumur Deliniasi MT-3, Lapangan Panas Bumi Mataloko, Kabupaten Ngada NTT
- Suparman, Arif Munandar (2005) Laporan Pemboran Sumur Eksplorasi MT-5, Lapangan Panas Bumi Mataloko, Kabupaten Ngada NTT
- Suparman, Arif Munandar (2006) Laporan Pemboran Sumur Injeksi MT-6, Lapangan Panas Bumi Mataloko, Kabupaten Ngada NTT
- Tagamori, K., Saito, A., Koseki, T., Takahashi, H., Dwipa S. and Futagoishi, M. (2002). Geology and hydrothermal alterations, and those correlation to physical properties obtained from gravity and resistivity measurements in the Mataloko geothermal field. Special Publication : Indonesia Japan Geothermal Exploration Project in Flores Island, p. 383 394.
- Takahashi, H., et al. (1998). Geothermal Geological Map of Mataloko, Wolo Bobo and Nage Areas, Flores Indonesia. 1998
- Uchida, T., Andan, A and Ashari (2002). Interpretation of DC resistivity data at the Bajawa geothermal field, Central Flores,
- Yasukawa, K., Andan, a., Kusuma, D. s., Uchida, T. and Kikuchi, T., (2002). Self potential mapping of the Mataloko and Nage geothermal field, central Flores, Indonesia for application on reservoir modeling. Special Publication : Indonesia Japan Geothermal Exploration Project in Flores Island, p. 279 290

Vanadinite

Mineral dari kelompok apatit; $Pb_5(VO_4)_3Cl$, berwarna merah, kuning, atau cokelat, pada umumnya mengandung arsenic atau fosfor. Seringkali berbentuk globular dan merupakan bijih dari vanadium dan timbal.

Vein

(Urut dalam cebakan bijih) merupakan mineral epigenetik yang mengisi sesar atau rekahan lain dalam suatu tubuh batuan pembawa mineral logam, berbentuk tabular atau lembaran.

Vesikular

Istilah dalam petrologi untuk menyebut tekstur batuan, seperti pada lava yang dicirikan oleh lubang-lubang yang dihasilkan oleh ekspansi gas selama lava tersebut masih dalam fasa fluida.

Vitrinit

Kelompok maseral yang dicirikan oleh vitrain dan tersusun oleh material humus, termasuk di dalamnya provitrinit dan euvitrinit. Mempunyai nilai reflektansi menengah, yaitu lebih tinggi dari eksinit dan lebih rendah dari inertinit pada batubara yang sama.

Wackestone

Istilah yang diciptakan oleh Dunham (1962) untuk menyebut batuan sedimen karbonat yang mengandung lumpur (mud supported) dan mengandung >10% butiran (partikel dengan diameter lebih dari 20 mikron).

Wallace's line

Garis yang ditarik oleh Alfred Russel Wallace (1822-1913) sebagai batas perbedaan flora dan fauna Asia dan Australia. Garis tersebut berada di antara Pulau Lombok dan Bali, menerus ke Selat Makasar di antara Sulawesi dengan Kalimantan, kemudian ke selatan Filipina.

Water table

Suatu bidang yang membatasi zona saturasi dengan zona aerasi; permukaan air tanah dimana tekanannya sama dengan tekanan di atmosfer. Dikontrol oleh topografi, iklim, dan sifat batuan permukaan.

Weathering

(Pelapukan) Proses dimana batuan mengalami pengrusakan dan perubahan komposisi yang disebabkan oleh faktor eksternal seperti angin, hujan, perubahan temperatur, tumbuhan, dan bakteri. Pelapukan merupakan tahap penting dalam denudasi. Batuan yang mengalami pelapukan adalah batuan yang in situ (tidak melibatkan transportasi). Pelapukan dibagi menjadi 2 tipe, yaitu pelapukan secara mekanis (terutama disebabkan oleh perubahan temperatur) dan pelapukan secara kimiawi (pada umumnya merupakan aksi disolusi substansi dengan air hujan).

Well log

Istilah untuk berbagai teknik pengukuran properti fisik dalam pemboran yang dapat menyediakan informasi mengenai strata geologi yang dilaluinya. Log dapat dijalankan secara menerus untuk memberikan informasi yang detail sepanjang kedalaman lubang bor tersebut atau dijalankan pada zona tertentu yang dianggap menarik/berpotensi untuk menghasilkan minyak, gas, atau air. Well log berguna untuk korelasi antar sumur pemboran. Jenis well log yang biasa dilakukan adalah log SP (Self Potential), log resistivity, log Gamma Ray, log Neutron, log temperatur, log caliper.

Wolframite

Bijih dari tungsten, $(Fe, Mn)WO_4$, ditemukan pada endapan hidrotermal dan urat pneumatolit. Berwarna coklat sampai kehitaman, kemerahan, dan keabuan. Tabular, masif, dengan kilap sub metalik.

Wolastonite

$CaSiO_3$; Mineral dari kelompok piroksenoid yang terbentuk karena proses metamorfisme termal pada batugamping. Berwarna putih sampai keabuan dengan bercak-bercak berwarna merah/coklat. Tabular dan masif.

Wulfenite

$PbMoO_4$; Mineral yang terdapat pada zona oksidasi pada endapan timbal, berwarna oranye kekuningan, abu-abu kekuningan, dan kecoklatan, kilap resin, tetragonal, masif, granular.

Xenoblastik

Tekstur pada batuan metamorf, untuk menyebut butiran mineral yang terbentuk tanpa

memperlihatkan bentuk kristal aslinya, biasa disebut allotriomorfik dalam terminologi tekstur batuan beku.

Xenocryst

Istilah yang digunakan pada kristal terdapat pada batuan beku dengan tekstur porfiritik, yang terbentuk bukan pada tempat ia ditemukan (berasal dari sumber lain), berasal dari magma yang telah mengalami diferensiasi dan menghasilkan kristal dengan karakter yang berbeda di tempat yang berbeda pula.

Xenolith

Inklusi batuan terdahulu dalam batuan beku. Fragmen-fragmen tersebut dapat berasal dari batuan beku yang terbentuk lebih dahulu yang mempunyai komposisi berbeda. Xenolith menunjukkan reaksi dengan batuan beku dan sebagian mengalami asimilasi dengan magma yang membentuk batuan beku tersebut.

Zeolit

Kelompok tekto-silikat yang mengandung kristalisasi air; satu dari sedikit kelompok mineral yang menunjukkan dehidrasi terbalik. Kation yang muncul yaitu Ca, K, Na, dan Ba. Pada umumnya zeolit ditemukan mengisi lubang-lubang pada batuan (amigdaloid) pada batuan vulkanik basa.

Zircon

Mineral zirconium, $ZrSiO_4$, dapat tidak berwarna, coklat kemerahan, kuning atau abu-abu, skala kekerasan 7,5. Ditemukan sebagai mineral asesoris pada batuan beku asam dan di dalam endapan detritus.

-Penny-

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

William Smith



William Smith yang lahir pada tanggal 23 Maret 1769 di sebuah desa yang bernama Churchill, Oxfordshire adalah seorang geolog berkebangsaan Inggris, dikenal sebagai Bapak Geologi Inggris. Ia membuat peta geologi yang mencakup seluruh negara Inggris. Smith terlahir sebagai anak sebuah keluarga petani, kematian ayahnya pada saat usianya masih sangat muda membuat Smith dibesarkan oleh pamannya.

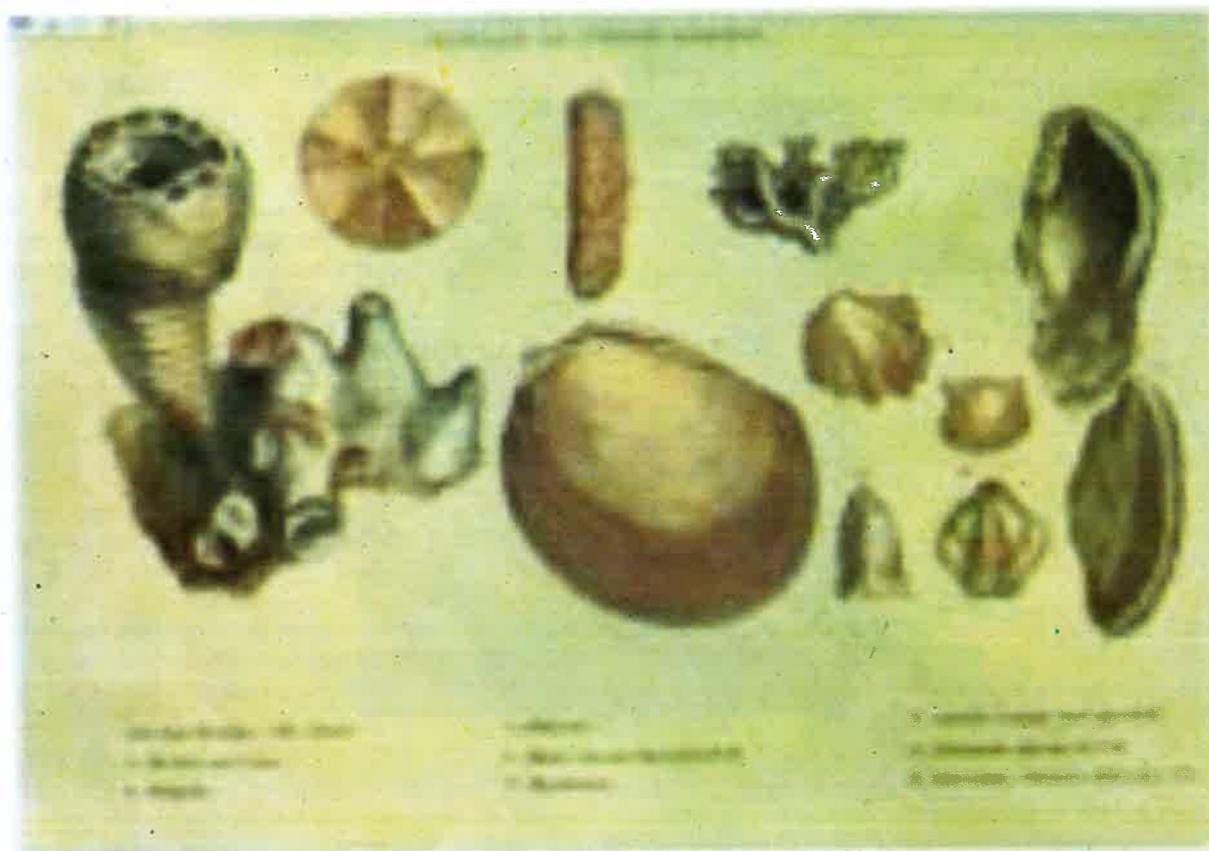
Pada tahun 1787 Smith bekerja sebagai asisten seorang surveyor di Gloucestershire. Disana ia banyak belajar dan dalam waktu yang tidak terlalu lama ia sudah ahli sebagai seorang surveyor. Smith kemudian melakukan perjalanan ke Somerset untuk membuat evaluasi mengenai perumahan. Disana ia tinggal selama 8 tahun dan bekerja pada perusahaan Somersetshire Coal Canal.

Smith bekerja di salah satu tambang tua di Mearns Pit, High Littleton yang merupakan bagian dari lapangan batubara Somerset dan Somerset Coal Canal. Pada saat bekerja itulah ia mengamati lapisan-lapisan batuan pada pit, ia menyadari bahwa lapisan-lapisan tersebut mempunyai pola tertentu, dan strata tertentu dapat ditemukan pada posisi yang relatif sama.

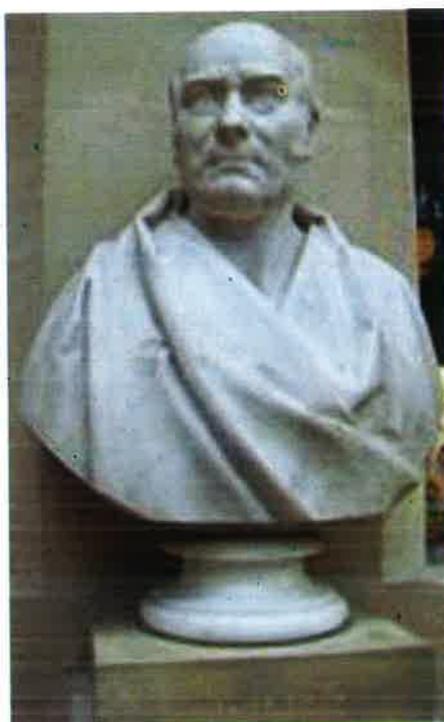
Ia juga menyadari bahwa setiap strata dapat dikenali dari fosil yang terkandung di dalamnya, dan suksesi grup fosil yang sama dari batuan yang berumur tua hingga ke muda dapat ditemukan di banyak bagian di Inggris. Lebih jauh lagi, ia memperhatikan dip dari suatu lapisan batuan yang relatif kecil di dekat permukaan (sekitar 3°) dan semakin membesar setelah batuan yang berumur Trias. Dari hal tersebut Smith membuat hipotesis yang dinamakan *The Principle of Faunal Succession*, dan ia mulai mencari penjelasan apakah hubungan strata dan karakteristiknya itu konsisten di semua tempat di negaranya.

Setelah Smith tidak bekerja lagi pada perusahaan Somerset Coal Canal, pada tahun 1799 ia secara bertahap mengambil conto batuan, memetakan lokasi dari beberapa strata, dan menampilkan kemenerusan vertikal dari strata tersebut. Smith membuat penampang melintang dan tabel dari apa yang ia lihat. Karena pekerjaannya itu Smith mempunyai koleksi fosil yang berharga yang ia dapatkan dari berbagai tempat di negaranya.

Smith mempublikasikan penemuannya dengan banyak gambar dari koleksi fosilnya sehingga memungkinkan orang lain untuk menyelidiki distribusi fosil tersebut dan menguji teorinya. Koleksi Smith sangat bagus untuk fosil-fosil berumur Jura yang didapaknya dari Cornbrash, lempung Kimmeridge, lempung Oxford, batugamping Oolitic dan lapisan batuan lainnya. Koleksi fosil tersebut mencakup brachiopoda, ammonite, dan moluska yang diendapkan pada lingkungan laut dangkal.



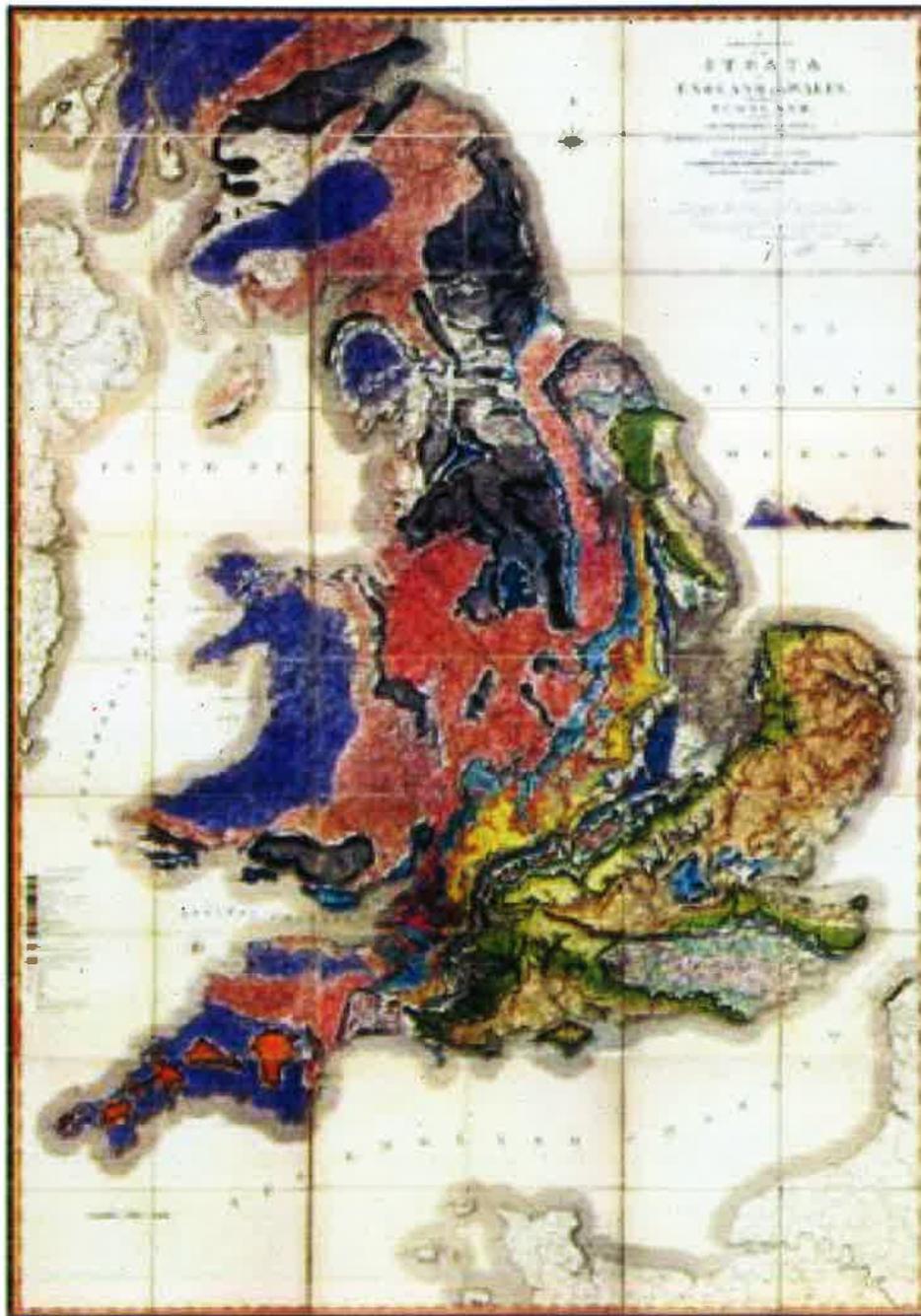
Gambar fosil-fosil koleksi William Smith



Patung William Smith yang terdapat di Oxford University Museum of Natural History

PUBLIKASI

Pada tahun 1799 Smith membuat peta geologi pertama dengan skala besar untuk daerah sekitar Bath dan Somerset. Sebelumnya Smith hanya tahu bagaimana menggambar lapisan-lapisan betuan secara vertikal, dan belum mengetahui bagaimana menggambarkannya dalam bentuk horisontal. Smith baru mengetahuinya saat ia melihat peta agrikultur Somerset yang memetakan tipe-tipe tanah dan vegetasi di daerah Bath dan sekitarnya. Dengan cara yang sama Smith membuat peta geologi dari hasil penyelidikannya menyelidiki singkapan batuan. Ia mengambil beberapa tipe batuan dengan warna-warna tertentu, lalu ia memperkirakan batas setiap singkapan batuan, kemudian mewarnainya dan pada akhirnya menjadi draft peta geologi. Pada tahun 1801 Smith membuat sketsa peta yang akan mengubah dunia, karena ia pada waktu itu adalah seorang pengangguran, maka ia dapat dengan leluasa melakukan perjalanan menjelajahi negaranya



Peta Geologi Great Britain dari Smith.

GALERI FOTO



Kegiatan penambangan batubara di Muara Bungo, Provinsi Jambi



Kondisi jalan pada lingkungan penambangan batubara, Muara Bungo, Provinsi Jambi



Kerusakan-kerusakan lingkungan pada penambangan batubara, Provinsi Jambi

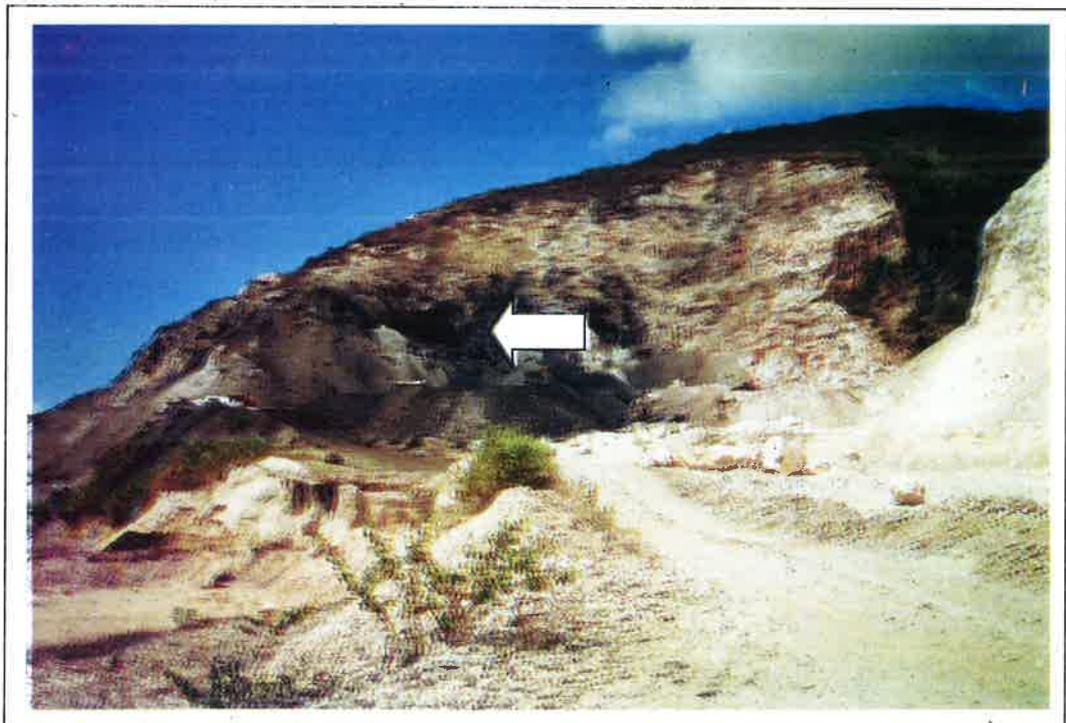


Nampak penumpukan batubara yang dibiarkan tidak diangkut, Prov. Jambi.

GALERI FOTO



Penyebaran boulder mangan di lereng gunung Mbeking, NTT



Singkapan dan penggalian mangan (tanda panah) di Bagian Timur Gn Sadeng, Jember, Jawa Timur



Kontak Mangan dan batugamping. Kemiringan 45° dilihat ke arah Timur Laut, Gn. Sadeng, Jember, Provinsi Jawa Timur



Zona kontak boulder dan mangan, nampak terlihat gejala hornfelsic (Batu tanduk),

PEDOMAN PENULISAN Makalah/karya tulis ilmiah BULETIN SUMBER DAYA GEOLOGI

ISI DAN KRITERIA UMUM

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

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

FORMAT

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

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

Sari dan Abstract. Berisi ringkasan pokok bahasan lengkap dari keseluruhan isi naskah tanpa harus memberikan keterangan terlalu rinci dari setiap bab, dengan jumlah maksimum 250 kata. Sari dicantumkan terlebih dahulu apabila naskah berbahasa Indonesia, sementara Abstract tercantum di bawah Sari; dan berlaku sebaliknya apabila naskah ditulis dalam bahasa Inggris. Disarankan disertai kata kunci/keyword yang ditulis di bawah Sari/Abstract, terdiri dari 4 (empat) hingga 6 (enam) kata. Abstract atau sari yang ditulis di bawah sari atau abstract menggunakan italic font.

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

Hasil dan Analisis (Results and Analysis). Berisi hasil-hasil penyelidikan/penelitian yang disajikan dengan tulisan, tabel, grafik, gambar maupun foto; diberi nomor secara berurutan. Hindarkan penggunaan grafik secara berlebihan apabila dapat disajikan dengan tulisan secara singkat. Pencantuman foto atau gambar tidak berlebihan dan hanya mewakili hasil penemuan. Semua tabel, grafik gambar dan foto yang disajikan harus diacu dalam tulisan dengan keterangan yang jelas dan dapat dibaca. Font huruf/angka untuk keterangan tabel, gambar dan foto berukuran minimum 6 (enam) point.

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

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

PEDOMAN PENULISAN

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

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

Beberapa contoh penulisan sumber acuan :

Jurnal

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

Buku

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

Bab dalam Buku

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

Prosiding

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

Skripsi/Tesis/Disertasi

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

Informasi dari Internet

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

WEWENANG REDAKSI

- x Redaksi berwenang penuh melakukan penyuntingan atas naskah yang akan dipublikasikan tanpa merubah dan mengurangi isi naskah.
- x 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 (satu) eksemplar naskah asli baik hard copy maupun soft copy kepada :

Sekretariat Buletin Sumber Daya Geologi
Sub Bidang Penyediaan Informasi Publik
Gedung Pusat Sumber Daya Geologi

Alamat Redaksi

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

ISSN 1907-5367



9 771907 536770

eISSN 2580-1023



9 772580 102009