

buletin

Volume 4 Nomor 3 2009

SUMBER DAYA GEOLOGI

ISSN 1907-5367



- CEBAKAN EMAS PRIMER
DI LEBONG TANDAI KABUPATEN BENGKULU UTARA
PROVINSI BENGKULU
- TIPE SISTEM PANAS BUMI DI INDONESIA DAN ESTIMASI
POTENSI ENERGINYA
- MENULIS MAKALAH ILMIAH GEOLOGI



Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral

Badan Geologi

Pusat Sumber Daya Geologi

PENGANTAR REDAKSI

Mengakhiri tahun 2009, Buletin Sumber Daya Geologi kembali mengajak pembaca menikmati sajian makalah tentang kajian, tinjauan maupaun berbagai hasil penelitian sumber daya mineral, batubara dan panasbumi pada Bolome 4 Nomor 3 tahun 2009, sebanyak 8 karya tulis.

Dewan Redaksi mengucapkan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para penulis baik dari dalam maupun di luar Pusat Sumber Geologi yang telah menyampaikan berbagai karya tulis ilmiahnya. Kami selalu setia menunggu karya tulis anda. Dan kepada teman-teman fungsional khususnya, para pejabat struktural maupun siapa saja yang berminat untuk menyampaikan karya tulisnya pada Buletin tercinta ini. Redaksi membuka pintu lebar-lebar, karena tanpa ada yang menulis, tentu bulletin ini tidak akan terbit sebagaimana diharapkan.

Kami dewan Redaksi mempunyai cita-cita dan semangat agar bulletin ini menjadi sarana publikasi yang semakin baik, oleh karena itu, kami sedang berusaha untuk mendapatkan peningkatan status atau akreditasi, mudah-mudahan pada 2010 hal tersebut dapat terwujud. Seiring dengan hal tersebut, kami berharap agar Bulletin Sumber Daya Geologi dapat menyajikan karya tulis yang berkualitas dan dapat dipertanggungjawabkan sehingga mampu memberikan informasi terbaru dari hasil analisis dan pemikiran maupun penemuan sumber daya geologi bagi kepentingan masyarakat.

Mengakhiri tahun 2009, mari kita bersama-sama memancarkan tekad untuk terus berlatih, berani mencoba dan bersemangat untuk berkarya. Semoga penerbitan Bulletin pada saat ini dan dimasa yang akan datang, terus berkibar dengan menerbitkan banyak karya tulis bermutu yang menambah wawasan bagi masyarakat di bidang Sumber Daya Geologi, Media karya tulis ilmiah ini tidak akan mungkin dapat berkibar tanpa kiprah para penulis. Oleh karena itu **Ayo Siapa berani menulis, tapi ingat stop kebiasaan plagiarisme.**

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

- 1 - 10 Penerapan Metoda Eksplorasi Geofisika pada Penyelidikan Sumber Daya Mineral dan Energi
Oleh : Alandra Indral
- 11 - 18 Cebakan Emas Primer Di Lebong Tandai Kabupaten Bengkulu Utara Provinsi Bengkulu
Oleh : Ridwan Arief
- 19 - 26 Tipe Sistem Panas Bumi Di Indonesia Dan Estimasi Potensi Energinya
Oleh : Kasbani
- 27 - 32 Peran Batuan Terobosan Kegiatan Vulkanik Kuartar Di Daerah Panas Bumi Sampuraga, Mandailing Natal, Sumatera Utara
Oleh : Soetoyo
- 33 - 42 Lingkungan Pengendapan Sedimen Di Perairan Gresik, Jawa Timur, Berdasarkan Analisis Mikrofauna dari Contoh Pemboran Inti
Oleh : I Wayan Luga
- 43 - 54 Pembangunan Database Sumber Daya Mineral Dan Energi Berbasis Elektronik
Oleh : Calvin K.K. Gurusinga, Denni W, Indra.S, Qomariah
- 55 - 63 Fenomena Industri Mineral dan Prospek Pendirian Pengolahan dan Pemurnian Mineral
Oleh : Teuku Ishlah
- 64 - 68 Menulis Makalah Ilmiah Geologi
Oleh : Bambang Tjahjono Setiabudi
- 69 Kamus
Oleh : Penny
- 70 Tokoh
Oleh : Penny
- 73 Galeri Foto
Oleh : Ella / Wiwi

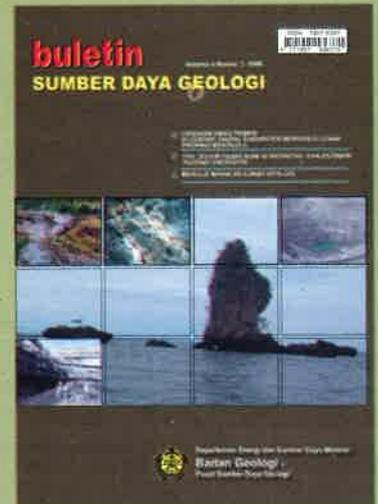


Foto Sampul Depan
Batulayar, Desa Goras, Kec. Kokas
Kab. Fakfak, Papua Barat (Abdul F.Y.2007)

PENERAPAN METODA EKSPLORASI GEOFISIKA PADA PENYELIDIKAN SUMBER DAYA MINERAL DAN ENERGI

Oleh:

Alanda Idral

Perekayasa Madya

Kelompok Program Penelitian Bawah Permukaan
Pusat Sumber Daya Geologi

SARI

Penyelidikan geofisika yang telah dilakukan oleh Kelompok Program Penelitian Bawah Permukaan pada tahun 2009 baik yang ditunjang oleh dana APBN maupun merupakan bimbingan teknis/kerjasama dengan pihak ketiga, antara lain meliputi penyelidikan mineral logam dan panas bumi. Selama ini penerapan metoda geofisika secara terpadu maupun individu untuk beberapa tipe mineralisasi yang berbeda telah menunjukkan hasil-hasil yang baik dan sangat membantu para ahli kebumiharian dalam menafsirkan dan melokalisasi daerah mineralisasi logam. Dalam eksplorasi endapan batubara, metoda geofisika sangat membantu baik dalam survei regional sampai semi regional dalam menentukan batas-batas suatu cekungan sedimentasi yang berkaitan dengan pengendapan batubara, struktur geologi yang mempengaruhi terhadap kontinuitas penyebaran batubara, ketebalan dan intrusi batuan yang mempengaruhi terhadap kualitas batubara (kalori). Pada eksplorasi panas bumi, metoda geofisika berperan sangat besar dalam menentukan keberadaan suatu sistim panas bumi (sumber panas, reservoir, lapisan penudung), luas daerah prospek, dan potensi sumber daya panas bumi. Selain itu metoda geofisika juga sangat intensif digunakan pada disiplin ilmu lainnya, seperti pada eksplorasi minyak dan gas bumi, geologi teknik, hidrogeologi, arkeologi/kepurbakalaan dan akhir-akhir ini dalam pencarian harta terpendam. Peran geofisika yang besar tersebut akan berhasil dengan baik bila penerapan metoda geofisika dilakukan setelah penyelidikan geologi rinci dilakukan, tidak seperti saat ini penyelidikan geologi dan geofisika dilakukan bersamaan sehingga perencanaan dan penerapan metoda sering kurang tepat dan hasilnya tidak memuaskan.

Kata Kunci : geofisika, mineral, batubara, panas bumi.

ABSTRACT

The geophysical works that have been carried out by the group in 2009, either supported by Government Budget or Technical Cooperation with the private company, such metallic mineral explorations and geothermal. The application of integrated geophysical or individual methods for several types of mineralization showed good results and very useful for earth scientist to interpret and to localize the metallic mineralization zones. In coal explorations, geophysical methods are very useful for regional or semi regional survey to localize the sedimentary basin boundary that is correlated to coal layers and geological structures which are influence the continuity and the thickness of coals, and the intrusive rocks that influenced the coal quality (calory). In geothermal surveys, geophysical methods are very important to delineate the existency of a geothermal system (heat source, reservoir, clay cap), a prospect area, and its potency. In addition, geophysical methods are intensively used especially for oil and gas exploration, and also in engineering geology, hydrogeology, archeology, lately in hidden treasure survey. The application of geophysical method will show a good result if the the method is used after detailed geological mapping not like at present, in which the geophysical methods and geological mapping are carried hand in hand, therefore, neither the application nor the plan of geophysical methods are usefull, and so the geophysical results are not satisfied.

Key Word : Geophysics, minerals, geothermal, coal

PENDAHULUAN

Setelah hampir satu dekade nama geofisika eksplorasi menghilang dari struktur organisasi Pusat Sumber Daya Geologi, yakni tepatnya setelah dileburnya Seksi Eksplorasi Geofisika dengan Subdirektorat Panas Bumi yang merupakan pindahan dari Direktorat Vulkanologi, pada tahun 2001, maka pada tahun 2008

Eksplorasi Geofisika dibentuk kembali dengan nama Kelompok Program Penelitian Bawah Permukaan, yang mulai efektif pada tahun 2009.

Penyelidikan geofisika sebelum peleburan seperti yang telah disebutkan diatas meliputi, eksplorasi mineral logam dan non logam serta batubara, akan tetapi setelah peleburan hanya

melayani penyelidikan panas bumi. Hal ini mengakibatkan kemunduran bagi perkembangan geofisika karena mempersempit ruang gerak para ahli geofisika, terutama dalam meningkatkan keprofesionalisme sumber daya manusia, apalagi saat ini metoda geofisika telah banyak digunakan dalam mencari keberadaan berbagai sumber bahan galian ataupun untuk keperluan lainnya seperti mencari peninggalan purbakala ataupun harta terpendam. Kondisi tersebut diatas untungnya tidak berlarut-larut, karena pada tahun 2008, seperti telah disebutkan diatas, nama Geofisika kembali timbul, walaupun dengan nama yang berbeda, dengan tugas yang lebih luas.

Penyelidikan geofisika yang telah dilakukan oleh Kelompok Program Penelitian Bawah Permukaan, setelah dibentuk kembali walaupun dengan nama yang berbeda, sampai saat ini, baik yang ditunjang oleh dana APBN maupun berupa kerjasama dengan pihak ketiga antara lain meliputi eksplorasi sumberdaya panas bumi dalam kaitannya dengan penentuan potensi sumberdaya panas bumi, penyelidikan mineral logam untuk mengetahui tipe dan zona mineralisasi serta sumber daya terduga mineral logam didaerah penyelidikan, survei batubara dalam kaitannya dengan studi cekungan pengendapan dan ketebalan batubara serta beberapa penyelidikan geofisika untuk bahan galian industri.

BEBERAPA FAKTOR PENENTU KEBERHASILAN PENERAPAN METODA GEOFISIKA

Berhasil atau tidaknya penyelidikan geofisika ditentukan oleh beberapa faktor antara lain:

- a) Penentuan metoda yang tepat,
- b) Akurasi alat
- c) Pengambilan data yang akurat dalam hal ini kualitas operator.
- d) Pengolahan data yang harus di dukung dengan fasilitas yang memadai seperti perangkat lunak dan keras
- e) Penafsiran / interpretasi data yang didukung oleh kemampuan individu yang tinggi.

Guna memenuhi kriteria tersebut di atas Kelompok Program Penelitian Bawah Permukaan, khususnya PMG telah melakukan intensifikasi dalam pengadaan peralatan geofisika dan sumberdaya manusia.

Peralatan dan Sumberdaya Manusia

Dalam bidang peralatan Kelompok Program penelitian Bawah Permukaan/PMG telah meningkatkan pengadaan peralatan dengan teknologi tinggi seperti IP-multi-channel,,

Geomagnetometer tipe 856-A, Magneto Telluric dan Ground Penetration Radar (GPR). Hanya disayangkan tidak didukung dengan peralatan penunjang yang memadai seperti pengadaan komputer dan program-program aplikasinya. Selain itu kurangnya perawatan dan perbaikan peralatan cukup menghambat kegiatan lapangan dan akurasi data, misalnya saat ini beberapa alat gravitimeter dalam keadaan rusak, sedangkan alat gravitimeter satu-satunya yang masih dapat digunakan diragukan akurasinya, begitupun dengan alat geomagnetometer hanya tiga, dari tujuh alat, yang masih cukup baik.

Dalam bidang sumberdaya manusia, saat ini beberapa staff ahli Bawah Permukaan sedang mengikuti program pendidikan formal (S2),di beberapa perguruan tinggi di Bandung, sedangkan dalam bidang non-formal berupa kerja sama dengan pihak ketiga yang mempunyai pengalaman dalam bidang eksplorasi dalam rangka alih teknologi untuk mendapatkan sumberdaya manusia yang berkualitas belum banyak dilakukan, kecuali peminjaman peralatan dan tenaga ahli, akan tetapi hal ini pun sering mengalami hambatan karena birokrasi yang rumit.

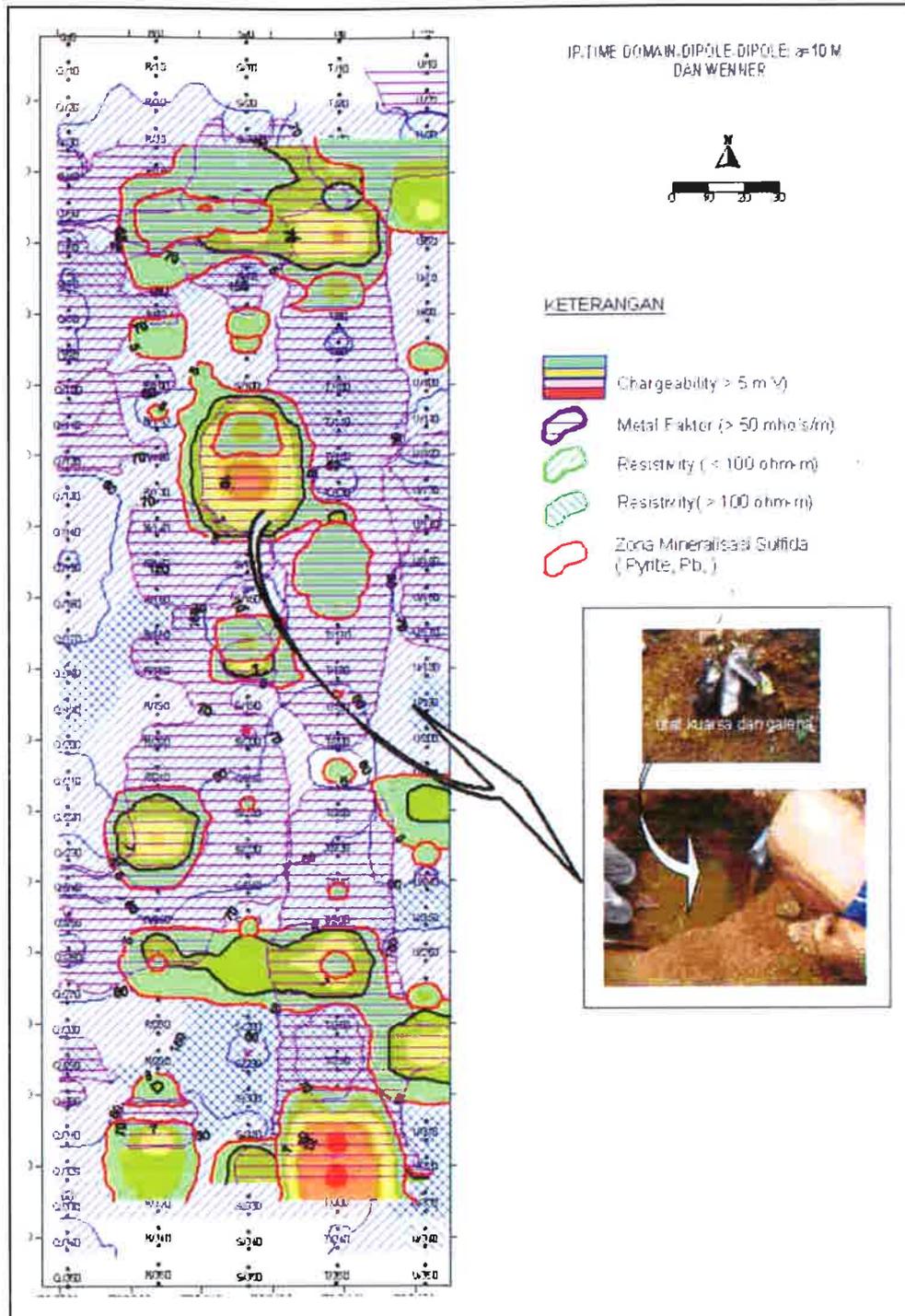
PENERAPAN METODA GEOFISIKA PADA EKSPLORASI SUMBERDAYA MINERAL DAN ENERGI

Penerapan metoda geofisika dalam eksplorasi sumberdaya mineral dan energi merupakan hal yang sangat sulit, karena disatu pihak dituntut untuk memberikan hasil yang nyata, sedangkan disisi lain kondisi alam yang sangat tidak homogen dan kecilnya kontras sifat fisika yang ada, serta penerapan metoda yang tidak cocok yang kadang-kadang dipaksakan dan akurasi alat yang kurang baik menyebabkan hasil yang diperoleh sangat sulit untuk diprediksi dan diinterpretasi. Meskipun demikian dari sekian banyak penyelidikan yang telah dilakukan, ada beberapa yang berhasil dan memberikan gambaran yang cukup baik dan informatif terhadap para ahli kebumihian ataupun para pengambil keputusan.

Beberapa hasil penyelidikan geofisika yang cukup baik dan penerapan metoda yang kurang cocok yang pernah dilakukan akan ditampilkan dan dibahas pada beberapa contoh hasil penyelidikan dibawah ini

Aplikasi Metoda Geofisika Pada Eksplorasi Mineral Logam

Daerah prospek terletak di daerah X, Sulawesi Selatan. Metoda yang diterapkan didaerah ini adalah metoda Induced Polarisasi time domain dengan sistim elektroda dipole-dipole dan wenner.

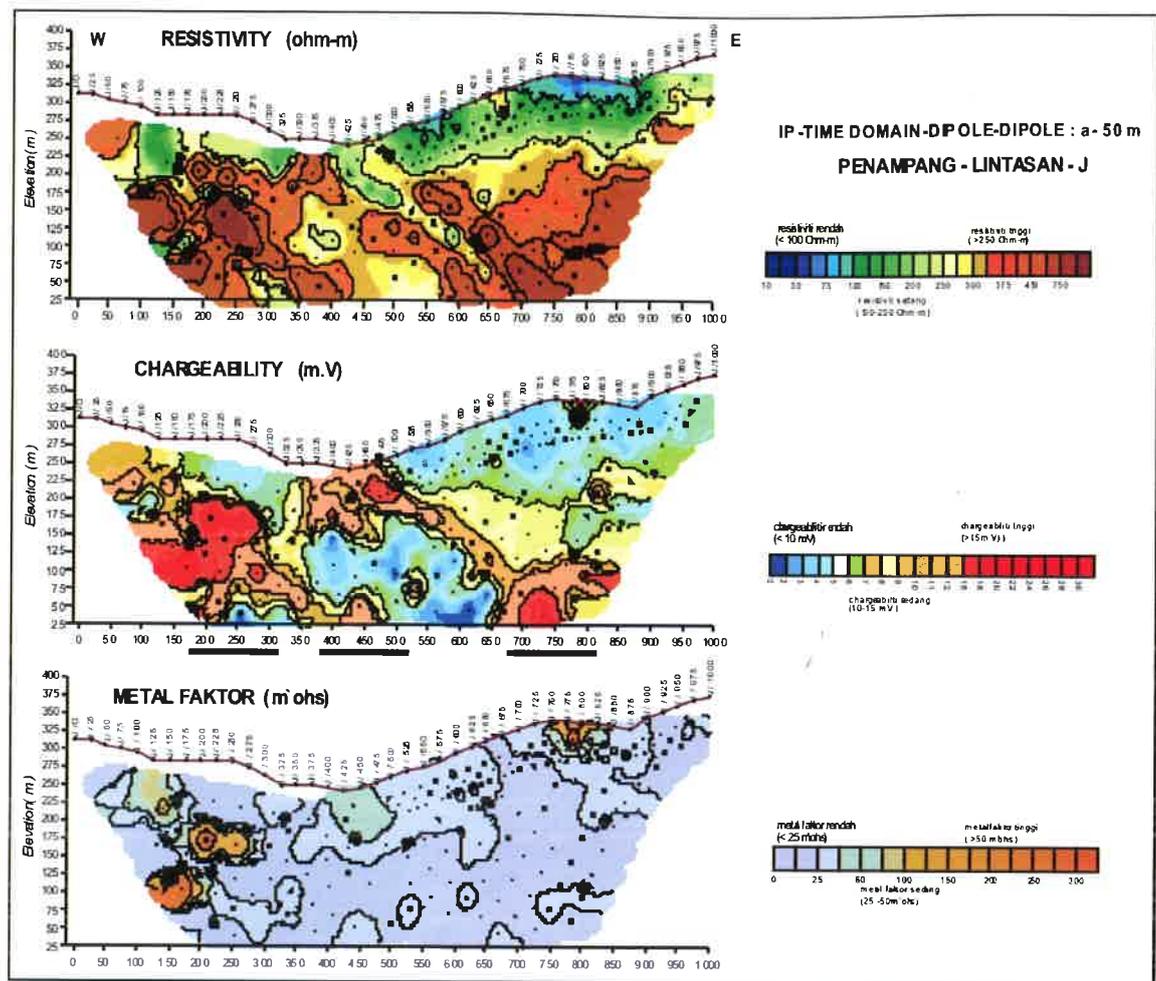


Gambar 1: Zona mineralisasi sulfida (Alanda Idrat 2009)

Alat yang digunakan adalah IP-Syscal Jr multi channel buatan Perancis dengan merek IRISH INSTRUMENT Inc. Alat tersebut terdiri dari transmitter dengan kemampuan mengirim arus maksimum 2.5 amper, dan alat penerima (receiver) sistem digital yang dapat mengukur IP dengan cara time domain maupun frekuensi domain

Data IP gabungan dengan konfigurasi wenner (potensial MN 0.5 -15 m; arus AB 1.5

45m) dan dipole-dipole ($a = 10$ m) menunjukkan bahwa daerah mineralisasi ditandai dengan nilai anomali chargeability dan resistivity masing-masing dengan nilai > 5 millivolt/volt dan 60-100 ohm-m, dan didukung dengan nilai metal faktor > 50 m-ohs. Keberadaan daerah anomali ini didukung dengan ditemukannya mineralisasi Pb-Cu yang berupa lensa-lensa disekitar zona anomali tersebut (gambar 1) sampai kedalaman < 10 m. Konfigurasi dipole-dipole dengan



Gambar 2: Penampang IP yang menunjukkan pola urat dan porpiri (Alanda Idral 2009)

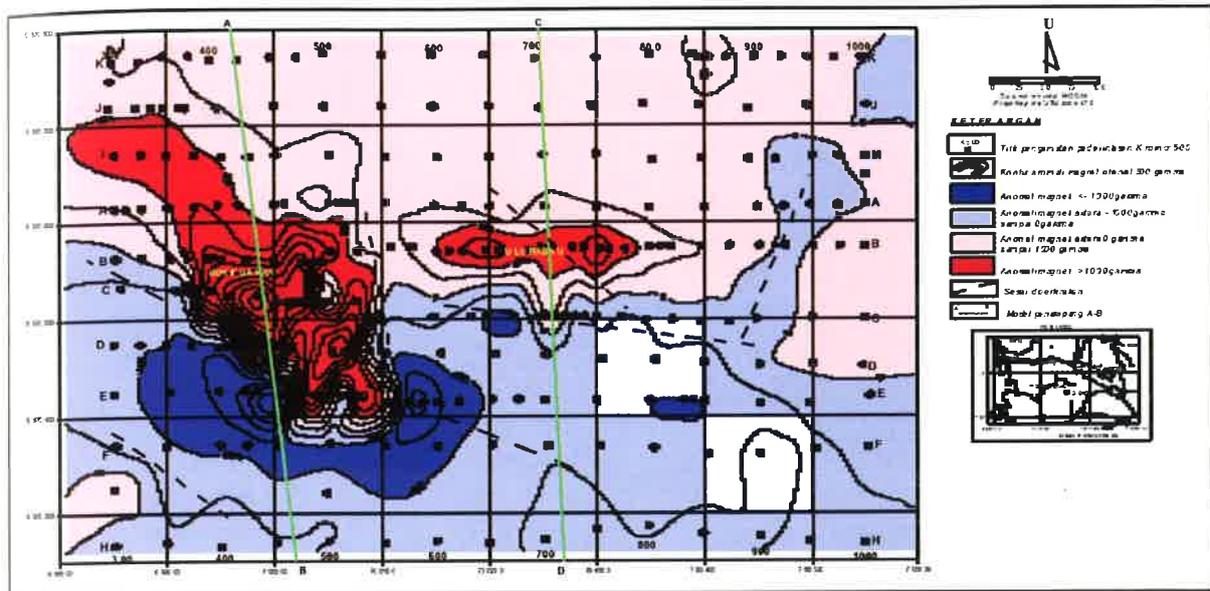
bentangan (a) =50 m memperlihatkan daerah mineralisasi bertipe gabungan antara urat dan porpiri dengan nilai anomaly chargeability > 9 millivolt/volt dan resistivity 250 - > 500 ohm-m (gambar 2). Penampang ini juga memperlihatkan mineralisasi tipe urat terdapat pada kedalaman yang relatif dangkal dibandingkan tipe porpiri , > 75 m. Penerapan metoda IP-time domain dengan konfigurasi gabungan dipole-dipole dan wenner memperlihatkan hasil yang baik, yakni daerah mineralisasi yang relatif dangkal < 10 m dan tidak terdeteksi dengan konfigurasi dipole-dipole dapat terdeteksi dengan konfigurasi wenner, sedangkan untuk pembuktiannya perlu dilakukan pembaroran uji.

Contoh lain adalah penerapan metoda geomagnetik untuk penyelidikan mineralisasi dan potensi bijih besi didaerah Air Abu-Solok.

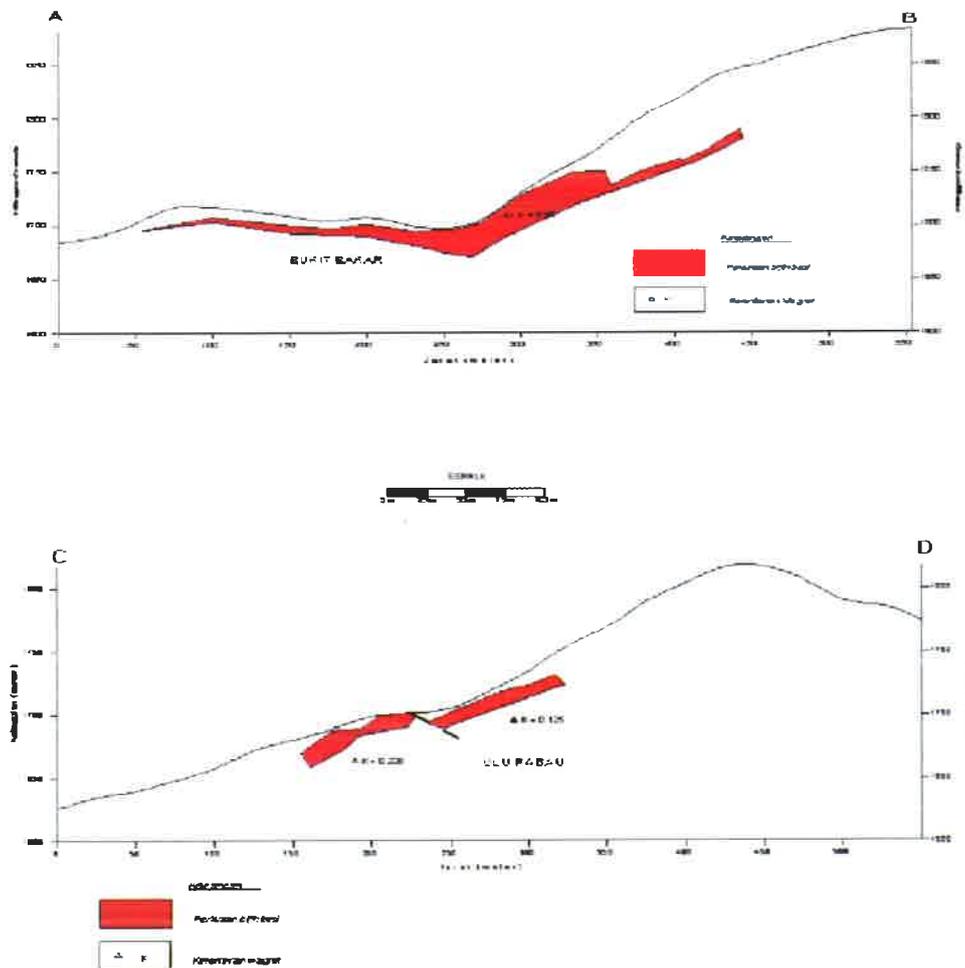
Penyelidikan geomagnetik didaerah Air Abu-Solok, dilakukan dengan menggunakan alat Gun proton unimag geomagnetometer tipe G.836 buatan Unimag/USA, dengan ketelitian 10 gamma, alat ukur kerentanan magnet batuan, dan GPS.

Hasil penyelidikan geomagnetik didaerah Air Abu (Bukit Bakar dan Ulu Rabau), Solok menunjukkan bahwa zona mineralisasi bijih besi (Fe) ditandai dengan nilai anomaly geomagnetik positif tinggi 1000 - 6000 gamma. Tingginya nilai anomaly tersebut berkaitan dengan kandungan mineral magnetit dan ilmenit didalam batuan. Kedua mineral tersebut mempunyai nilai kerentanan magnet (K) berkisar antara 20 94 x 10⁻⁶ cgs, dan dengan kandungan Fe total antara 59 69 % (Alanda Idral, 2008) Keberadaan zona mineralisasi bijih besi tersebut juga didukung dengan ditemukannya singkapan batuan yang mengandung bijih besi dan endapan besi deluvial didaerah zona anomaly magnetik tinggi (Bukit Bakar dan ulu Rabau) serta adanya struktur sesar yang melalui kedua daerah mineralisasi tersebut, (gambar 3 dan 4).

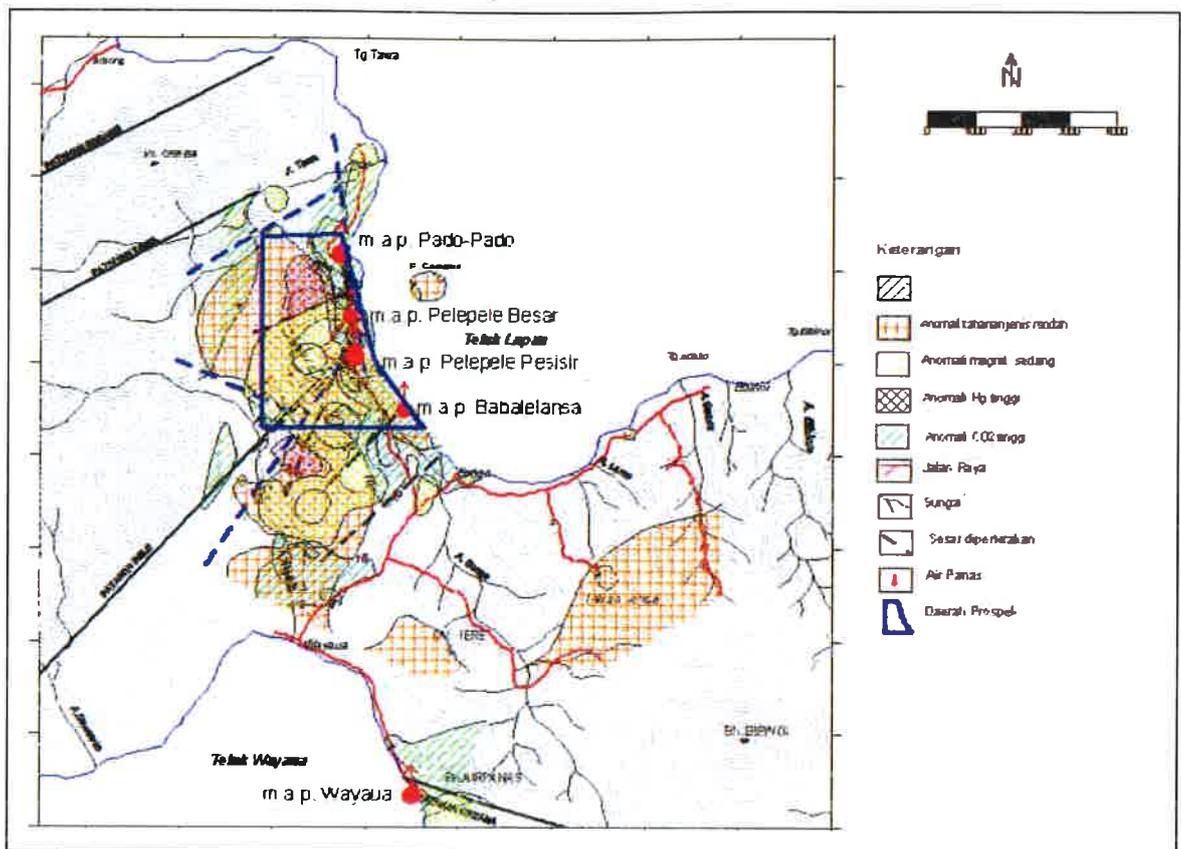
Secara kuantitatif, berdasarkan pemodelan anomaly geomagnetik dan luas daerah prospek, potensi sumberdaya terduga bijih besi didaerah tersebut diperkirakan sebesar 2.496.366 ton bijih besi. Saat ini daerah prospek tersebut telah ditambang dan hasilnya telah diekspor.



Gambar 3: Peta anomali geomagnetik serta daerah prospek (warna merah) Bukitbakar dan Ulurabau (Alanda Idral 2009)



Gambar 4: Model 2-D anomali magnet daerah prospek Bukitbakar dan Ulurabau (Alanda Idral 2008)



Gambar 5: Daerah prospek panas bumi Songa-Bacan (Alanda Idral 2007)

Penerapan Metoda Geofisika Pada Eksplorasi Panas Bumi

Lokasi daerah prospek terletak di P. Bacan - kabupaten Halmahera Selatan, Propinsii Maluku Utara.

Metoda geofisika yang diterapkan didaerah ini merupakan metoda geofisika terpadu yang terdiri dari metoda gayaberat, geomagnetik dan tahanan jenis.

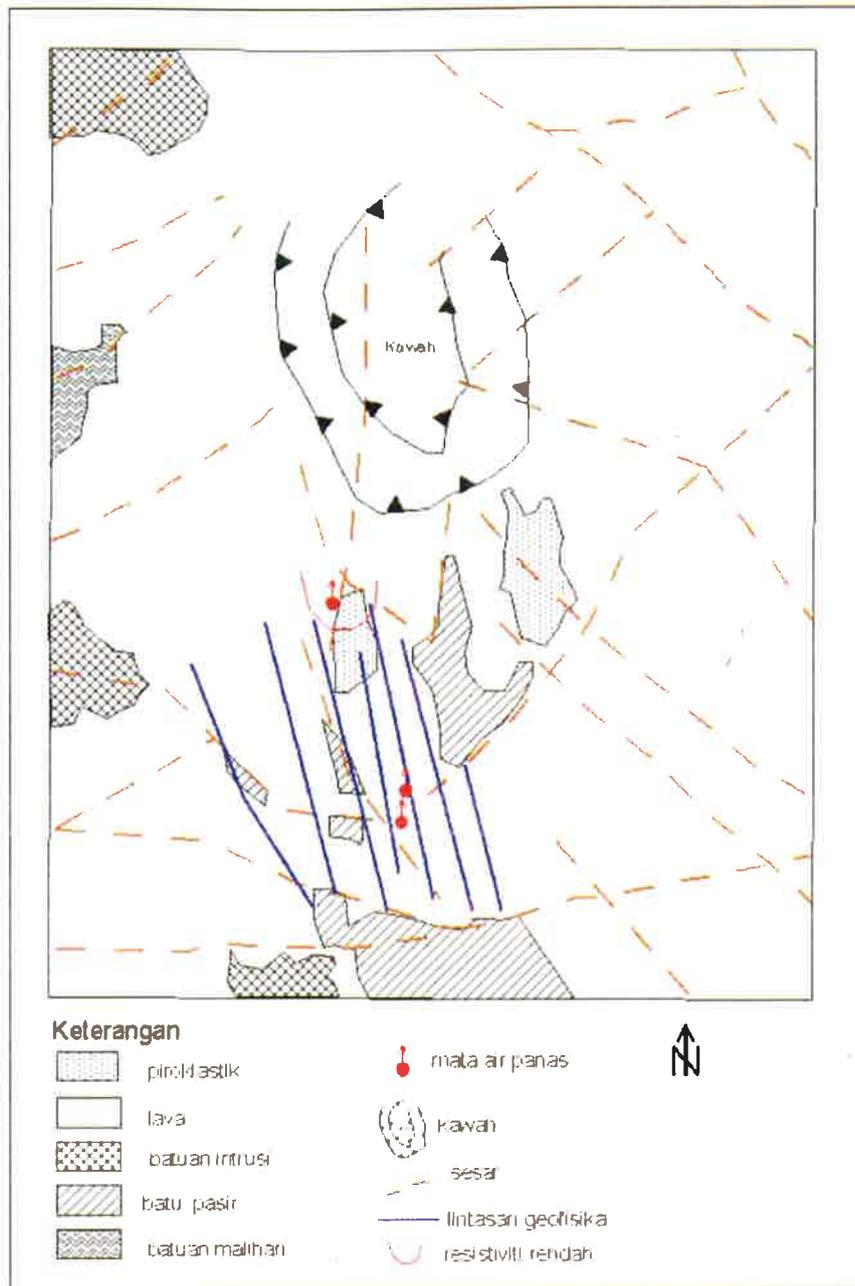
Alat yang digunakan terdiri dari : Gravity meter, La Coste & Romberg, model G.807 dan Proton Geomagnetometer tipe G.856 dan alat tahanan jenis receiver EPR 121 A dan transmitter.

Penerapan metoda geofisika terpadu didaerah ini bertujuan untuk menentukan sumber panas, daerah reservoir (zona rekahan dan sesar), lapisan penudung, dan potensi panas bumi.

Analisa data geofisika terpadu mengidentifikasi struktur sesar yang berkembang didaerah ini berarah timurlaut-baratdaya, baratlaut-tenggara dan utara baratlaut selatan tenggara. Daerah prospek (reservoir) terletak antara perpotongan struktur sesar disekitar mata air panas Pelepele Besar dan Pelepele Pesisir dengan luas 12.5 km² dan dengan potensi 107. Mwe (gambar 5). Sumber panas diperkirakan merupakan cairan magma sisa yang berupa tubuh intrusi (Bukit Lansia) dan berlokasi di

baratdaya mata air panas Pele-Pele Besar dan Pele-Pele Pesisir. Lapisan penudung terdapat pada kedalaman > 500 m dibawah kedua mata air panas tersebut diatas dan ditandai dengan adanya zona ubahan disekitar kedua manifestasi tersebut, sedangkan kedalaman reservoir tidak dapat diprediksi karena tebalnya lapisan penudung sehingga arus listrik tidak mampu menembus lapisan penudung. Hal ini diperkirakan berkaitan dengan penerapan metoda (tahanan jenis) yang kurang pas dan kemampuan penetrasi transmitter yang memakai baterai sangat terbatas disebabkan tebalnya lapisan lempung. Untuk kasus ini sebaiknya digunakan generator yang dapat mengirim arus lebih besar atau dengan menerapkan metoda lain seperti Magneto telluric. Selain itu anomali tahanan jenis rendah disekitar pantai perlu dipertanyakan karena rendahnya nilai tersebut dapat disebabkan intrusi air laut karena jarak lintasan relatif dekat ke garis pantai. Sedangkan hasil gayaberat dan geomagnet memperlihatkan korelasi yang saling mendukung.

Contoh berikut ini memperlihatkan hasil yang kurang maksimal dari survei terpadu geofisika untuk panas bumi didaerah Bittuang disebabkan penentuan lokasi yang kurang tepat karena penyelidikan geologi dan geofisika dilakukan bersamaan. Hal ini mengakibatkan penentuan lintasan geofisika tidak pada daerah



Gambar 6: Sketsa Geologi Bittuang dan lintasan geofisika

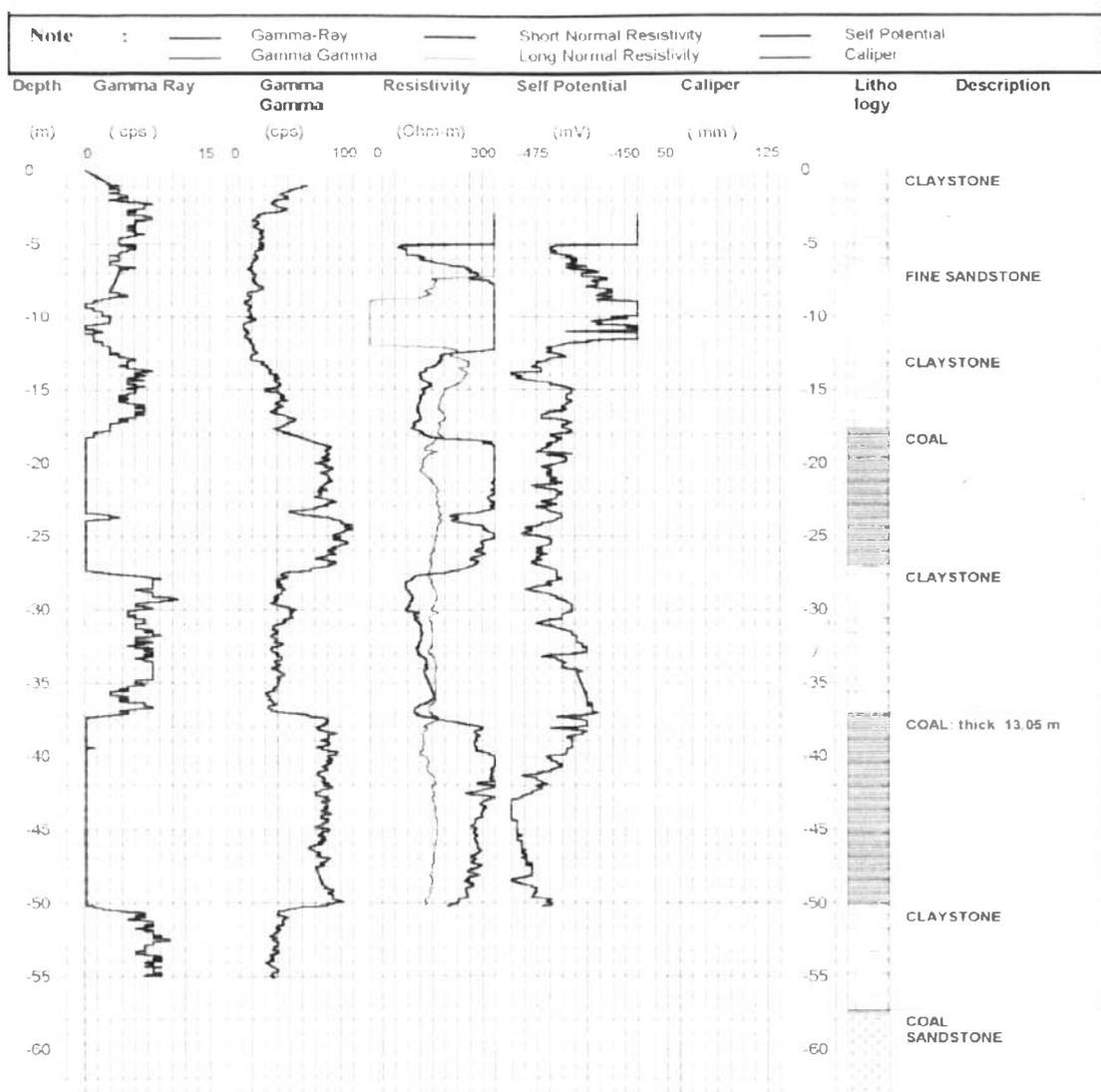
prospek, sedangkan daerah prospek berada lebih ke utara dari lintasan geofisika (gambar 6), sehingga hasil penyelidikan geofisika menjadi tidak maksimal kalau tidak disebut gagal. Hal ini ditunjukkan dengan data anomali tahanan jenis yang cenderung rendah dan terbuka diujung utara lintasan, sedangkan data geomagnet dan gayaberat hanya memperlihatkan daerah depresi dan intrusi sedangkan keberadaan struktur kawah dari data geologi tidak didukung oleh data gayaberat dan magnet disebabkan tidak adanya data geofisika disekitar kawah tersebut. Selain Bittuang ada beberapa daerah panas bumi lainnya dimana hasil penyelidikan geofisika terpadu tidak maksimal disebabkan penerapana

metoda dan lintasan yang kurang tepat karena minimnya data geologi sewaktu penyelidikan geofisika dilakukan.

Penerapan Metoda Geofisika Pada Eksplorasi Batubara

Metoda geofisika untuk batubara sering dilakukan dengan memakai metoda Well logging untuk mengetahui ketebalan lapisan batubara, seismik refleksi untuk struktur geologi lapisan batubara dan metoda gayaberat dan magnet untuk struktur cekungan pada endapan batubara.

Berikut ini ditampilkan hasil penyelidikan geofisika well logging (gamma ray, density,



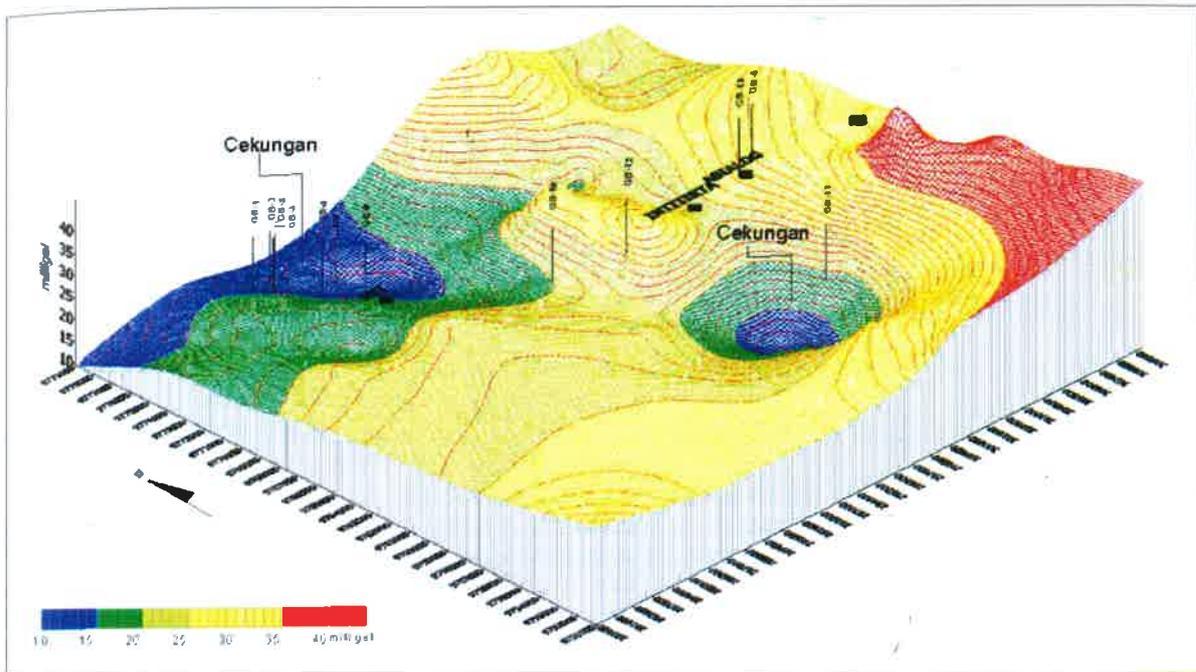
Gambar 7: Penampang geofisika well logging (Adang, M. 2001)

resistivity dan self potensial/SP) dan metoda gayaberat - magnit didaerah Guruh Baru (Tanah Abang dan Koto Tengah) Jambi.

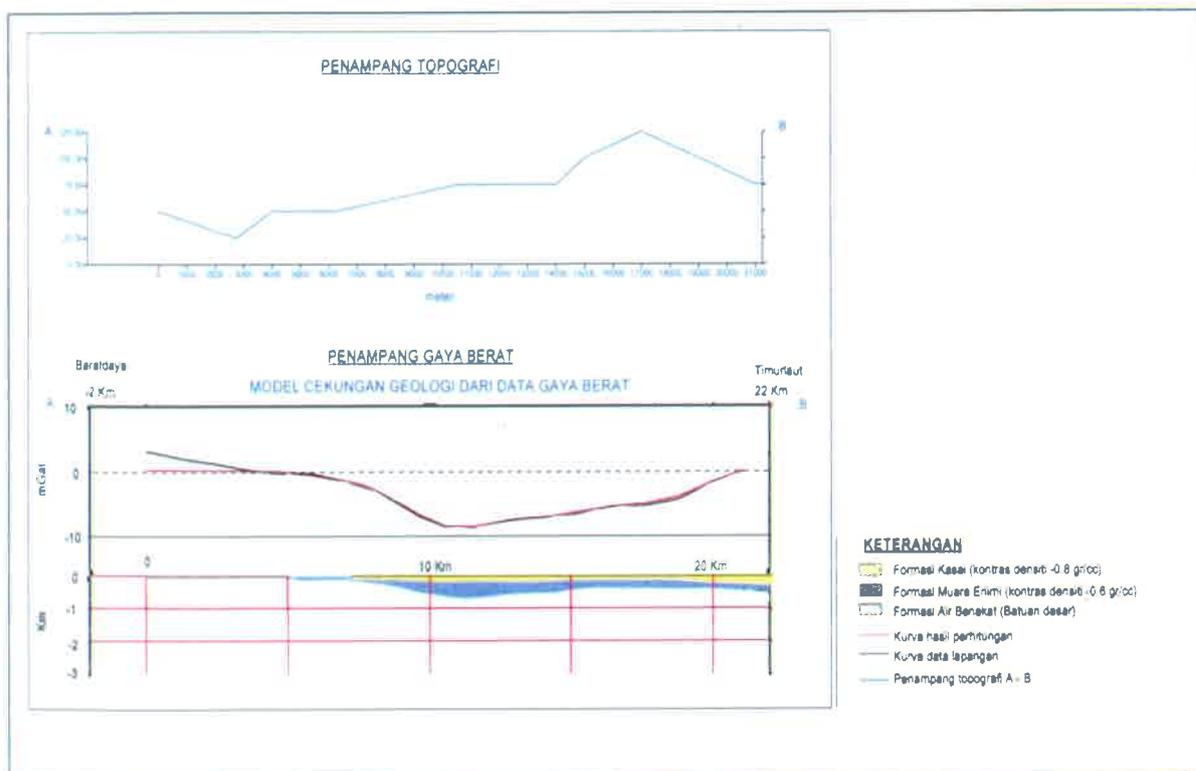
Pada penyelidikan well logging alat yang digunakan adalah OYO 3030 Mark-2 buatan Jepang lengkap dengan probe untuk mengukur gamma ray, density, resistivity, dan self potensial.

Hasil penyelidikan well logging memperlihatkan kurva - kurva logging gamma ray, gamma-gamma/density, tahanan jenis dan potensial diri (SP) memberikan gambaran yang cukup jelas tentang adanya indikasi lapisan batubara (gambar 7). Pengukuran geofisika cara well logging terbukti menjadi alat yang cukup efektif dan berhasil dalam membantu para ahli geologi batubara dalam menentukan ketebalan lapisan batubara yang lebih pasti. Selain itu hasil dari pengukuran ini dapat juga dipakai untuk membantu dalam menentukan urutan litologi batuan secara lebih detail.

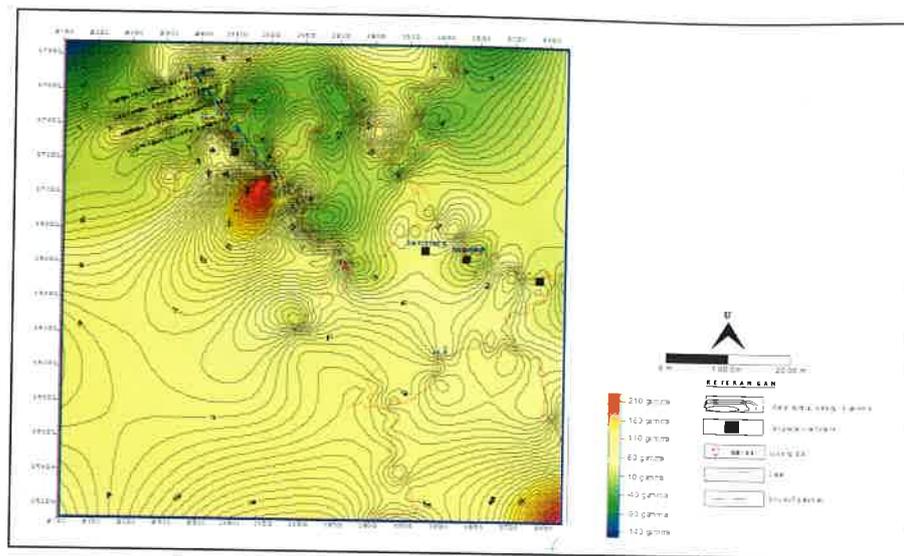
Pada penyelidikan gayaberat dan magnit didaerah Guruh Baru digunakan alat Gravimenter La- Coste and Romberg tipe D-114 buatan Canada dan Proton Magnetometer model G-856, buatan Amerika. Hasil penyelidikan gaya berat didaerah tsb diatas memperlihatkan dengan jelas adanya struktur cekungan dengan arah baratlaut-tenggara yang direfleksikan oleh anomali bouguer rendah (gambar 8). Struktur cekungan ini ditempati oleh formasi Kasai, Ma.Enim dan Benakat. Seperti telah umum diketahui formasi Ma. Enim merupakan formasi pembawa endapan batubara (gambar 9). Sedangkan hasil penyelidikan magnit memperlihatkan perbedaan nilai kontur intensitas magnit yang relatif rendah, hal ini mengindikasikan tidak terdapatnya batuan intrusi bawah permukaan. Hanya dibagian tengah terdapat liniasi kontur memanjang berarah baratlaut tenggara, dan ditafsirkan sebagai indikasi struktur sesar (gambar 10).



Gambar 8: Peta anomali bouguer daerah prospek batubara Jambi (modifikasi dari Edi dkk. 2001)



Gambar 9: Penampang gayaberat pada daerah prospek batubara di Jambi (Edi, Dkk. 2001)



Gambar 10: Peta anomali magnet pada daerah prospek batubara di Jambi (Edi, dkk. 2001)

KESIMPULAN

Dari hasil penyelidikan geofisika seperti telah ditunjukkan oleh beberapa contoh di atas dapat disimpulkan bahwa:

1. Pemilihan metoda geofisika dalam penyelidikan sumber daya mineral dan energi sangat tergantung pada tipe endapan dan lingkungan geologinya.
2. Penerapan metoda geofisika pada eksplorasi sumberdaya mineral dan energi sebaiknya dilakukan setelah penyelidikan geologi rinci agar penentuan metoda geofisika dan lintasan ukur dapat lebih tepat sehingga hasil yang didapatkan akan lebih akurat dan maksimal.
3. Perlu dilakukan perawatan dan perbaikan peralatan serta penambahan perangkat keras dan (program) perangkat lunak

4. Penerapan metoda IP dengan kombinasi susunan ektroda memberikan hasil yang baik dalam penyelidikan mineral logam tipe urat dan porfiri.
5. Penerapan metoda geomagnetik pada daerah mineralisasi bijih besi memberikan hasil yang baik karena kontras anomali yang didapat cukup besar, begitupun potensinya dpt. dihitung dengan melakukan pemodelan.
6. Dalam eksplorasi batubara metoda gayaberat dapat diterapkan guna mengkaji keberadaan struktur dan cekungan yang diperkirakan mengandung lapisan batubara. Sedangkan metoda magnet dapat digunakan untuk melokalisir daerah intrusi yang ada hubungannya dengan penyebaran batubara berkalori tinggi (antrasit). Sedangkan aplikasi metoda well logging sangat bermanfaat dalam akurasi penentuan ketebalan lapisan batubara

ACUAN

- Alanda Idral, 2009. Data Penyelidikan IP-Time Domain di Daerah X Sulawesi Selatan. Tidak Diterbitkan
- Alanda Idral, 2008. Aplikasi Metoda Geomagnetik Dalam Menentukan Potensi Sumberdaya Bijih Besi Didaerah Bukit Bakar dan Ulu rabau, Kec. Lembah Gumanti, Kab. Solok, Sumatra Barat. Buletin Sumber Daya Geologi, Vol. 3, No.3, H.28-35
- Alanda Idral, 2007. Current Issues of Geothermal Manifestation in Songa-Bacan Island Province of North Maluku-Indonesia. Proceeding Joint Convention Bali 2007, The 32nd HAGI, The 36th IAGI, The 29th, IATMI, Annual Convention and Exhibition.
- Adang, M., Imanuel, M. F., 2001. Data Geofisika Well Logging Guruh Baru Jambi. Direktorat Sumberdaya Mineral, Bandung Tidak Diterbitkan
- Ario Mustang, 2009. Data Geolistrik Daerah Panas Bumi Bittuang, Sulawesi selatan. Tidak diterbitkan
- Edi K., dkk, 2001. Eksplorasi geofisika Dengan Metoda Gayaberat dan Magnet di Daerah Tanah Abang, Kota Tengah, dan Guruhbaru, Kecamatan Mandiangin, Kabupaten Sorolangun dan Musi Banyuasin, Propinsi Jambi dan Sumatra Selatan. Direktorat Sumberdaya Mineral, Bandung Tidak Diterbitkan
- Tim Terpadu DIM, 2005. Laporan Hasil Penyelidikan Terpadu Geologi- Geokimia dan Geofisika Daerah Panas Bumi Songa P. Bacan, Kab. Halmahera Selatan Prop. Maluku Utara. Direktorat Inventarisasi Sumberdaya Mineral Bandung. Tidak Diterbitkan.

CEBAKAN EMAS PRIMER DI LEBONG TANDAI KABUPATEN BENGKULU UTARA PROVINSI BENGKULU

Oleh:

Ridwan Arief

Perekayasa Madya

Kelompok Program Penelitian Konservasi
Pusat Sumber Daya Geologi

SARI

Dekade ini merupakan kebangkitan penyelidikan emas di Indonesia, sehingga beberapa daerah bekas tambang yang tersisa mulai dilirik untuk dievaluasi kembali dan merupakan harta karun yang terpendam. Lebong Donok merupakan salah satu sasaran re-evaluasi daerah bekas tambang, terletak di Kecamatan Napal Putih, Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu. Formasi Hulusimpang merupakan susunan batuan yang termineralisasi seperti yang ditemukan di Lebong Tandai, yaitu berupa batuan vulkanik andesitik dengan selang seling batupasir tufaan sedikit gampingan berumur Miosen. Batuan tersebut terpatahkan dan diintrusi oleh beberapa retas andesit dan termineralisasi dengan arah timur-barat, yang merupakan struktur orde dua dari Patahan Sumatra. Dari hasil penyelidikan rinci di dalam wilayah bekas tambang, ditemukan mineralisasi emas-perak epitermal sulfida rendah di Lebong Tandai hingga Aer Noar yang berbatasan dengan emas-tembaga epitermal sulfida tinggi di Lobang Baru. Potensi tersebut didukung dengan hasil analisis kimia batuan dan pola jurus serta urat-urat kuarsa yang sejajar dengan pola struktur yang ada. Pada tingkat atas ditemukan adanya asosiasi antara emas dengan kalsedon di Lebong Tandai, sedangkan urat kuarsa bersama pita-pita khlorit ditemukan pada posisi bagian tengah dan mengandung emas tinggi berupa "stockwork" kuarsa. Sebagai tindak lanjut penyelidikan, pemboran uji akan dilakukan untuk mengetahui sisa tambang yang masih dapat dimanfaatkan. Dengan demikian endapan mineral emas di wilayah ini diharapkan dapat ditambang pada waktu yang akan datang.

ABSTRACT

This decade represents its evocation of gold investigation in Indonesia, so that some districts of ex-Dutch mined areas have been re-examined and re-evaluated, and these represent hidden treasures. The Lebong Donok mine represents one of the targets of re-evaluation and is located in the Napal Putih Subdistrict, North Bengkulu District, Bengkulu Province. The Hulusimpang Formation represents mineralized rock sequences, such as those found in the Tanda Prospect, the volcanic andesitic with intercalation of tuffaceous sandstone and minor calcareous sandstone of Miocene in age. This formation has faulted and cut by some andesite dykes and mineralized with east-west direction representing second order of structure from the Sumatra Fault. Detail investigation includes examination of entire holes of the old mine, showing the existence of gold-copper epithermal, high sulfidation mineralization, bordered with gold-silver epithermal low sulfidation mineralization such as those in Lebong Tandai to Aer Noar. The gold potential is supported by chemical analytical results, structural pattern and quartz vein groups with the existing structure pattern. On the top level at Lebong Tandai, it is found association of calcedonic quartz and gold, while on the lower it is found association of chlorite banding in breccias with high grade gold as quartz stockworks. Follow-up of Investigation will include scouth drilling to know remaining potentials exploited, so the existence of gold mineralization in this region can be optimally mined in the future.

PENDAHULUAN

Lebong Tandai merupakan lokasi bekas tambang Belanda yang beroperasi sejak tahun 1931 hingga 1941 bersamaan dengan tambang emas di Lebong Donok (sekarang Lebong Tambang). Secara administratif daerah ini termasuk kedalam Kecamatan Napal Putih, Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu (Gambar 1).

Pencapaian daerah dapat menggunakan pesawat terbang dari Jakarta ke Bengkulu, kemudian dilanjutkan dengan menggunakan kendaraan roda empat menuju Napal Putih, jarak tempuh 150 km dan waktu yang diperlukan sekitar 3,5 jam perjalanan. Dari Napal Putih menggunakan lori/molek yang dimodifikasi oleh masyarakat setempat untuk dijadikan alat angkut ke Lebong Tandai, dengan waktu tempuh sekitar



Gambar 1. Lokasi daerah pengamatan, Lebong Tandai, Kecamatan Napal Putih, Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu



Gambar 2. Alat transportasi berupa lori yang dimodifikasi oleh masyarakat, untuk keperluan perhubungan darat dari kota Kecamatan Napal Putih ke Lebong Tandai dengan waktu tempuh 3 jam, apabila musim kemarau.

3 jam perjalanan apabila tidak terjadi longsor pada musim penghujan (Gambar 2).

Keadaan lahan berupa hutan produksi berbatasan dengan hutan lindung dan taman nasional di sebelah timurnya, sehingga ruang lingkup kegiatan eksplorasi hingga ketahap eksploitasi hanya dapat dilakukan pada areal yang dianggap hutan produksi tersebut. Masyarakat setempat kebanyakan melakukan kegiatan penambangan secara tradisional, yaitu menggunakan glundung dan air raksa yang sebagian dapat mencemari Sungai Lusang yang melewati daerah ini. Sungai Lusang merupakan cabang Sungai Lalangi, keduanya mengalir dan berinduk ke Sungai Ketaun.

Musim kemarau merupakan situasi yang menggairahkan bagi para penambang tradisional, karena pekerjaan mereka tidak terganggu oleh banjir yang selalu membawa pasir dan pepohonan yang tumbang. Peristiwa tersebut merupakan gangguan utama bagi para penambang, karena aktifitas mereka sehari-hari menggantungkan kebutuhan akan air bersih pada sungai tersebut. Selain itu apabila masuk musim penghujan, sebagian banyak tailing ditransport kesungai oleh air banjir dan mengundang protes penduduk bagian bawah.

Suku Rejang merupakan komunitas masyarakat pribumi dan kebanyakan sudah berbaur dengan penduduk pendatang yaitu suku Padang, Sunda dan Jawa, sehingga mereka sangat fasih dalam menggunakan empat bahasa. Pada saat ini keadaan masyarakat dapat dianggap kondusif dan sangat mendukung apabila ada sebuah perusahaan yang melakukan penambangan di wilayah ini.

Untuk keamanan wilayah ini diantaranya telah dilakukan pendataan bagi masyarakat pendatang yang mencari nafkah di wilayah ini. Mereka sebelumnya harus melaporkan diri kepada pemerintah setempat terutama kepada aparat kepolisian, karena di daerah tambang rakyat sering terjadi masalah yang tidak diinginkan.

Re-evaluasi cadangan di wilayah ini dilakukan setelah mempelajari sejumlah literatur yang menegaskan bahwa cadangan emas di Tandai mungkin dapat dimanfaatkan untuk penambangan sekala menengah secara berkelanjutan. Seluruh lobang tambang telah dilakukan pengecekan dan pengambilan contoh batuan secara terinci. Hasil analisis kimia terhadap emas memberikan nilai yang masih dapat dianggap ekonomis pada saat sekarang.

Lebong Tandai merupakan lokasi emas yang berarah timur-barat, sebagai resultan dari Sistem Sesar Sumatra, mulai dari Lebong Baru yang ditambang oleh Jepang untuk mengambil tembaga dan emas, bersambung ke Lebong Tandai hingga ke Aer Noar, dengan jarak mencapai 6 km. Punggungan tersebut dipotong oleh Sungai Lusang yang ber arah utara-selatan, sehingga banyak singkapan yang ditemukan pada pinggir sungai tersebut.

Penyelidik Terdahulu

PT Lusang Mining telah melakukan penambangan akan tetapi tidak berlanjut. Kemudian Billiton melakukan pemboran uji di beberapa wilayah yang dianggap prospek. Potensi emas terlihat setelah mengamati beberapa shaft dan adit, terutama di Kata 5 dan Kata 4, para penyelidik terdahulu menganggap bahwa bonanza emas masih mungkin dijumpai di lokasi ini (Kavalieris, 1993).



Gambar 1. Lokasi daerah pengamatan, Leborg Tandai, Kecamatan Napal Putih, Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu



Gambar 2. Alat transportasi berupa lori yang dimodifikasi oleh masyarakat, untuk keperluan perhubungan darat dari kota Kecamatan Napal Putih ke Leborg Tandai dengan waktu tempuh 3 jam, apabila musim kemarau.

3 jam perjalanan apabila tidak terjadi longsor pada musim penghujan (Gambar 2).

Keadaan lahan berupa hutan produksi berbatasan dengan hutan lindung dan taman nasional di sebelah timurnya, sehingga ruang lingkup kegiatan eksplorasi hingga ketahap eksploitasi hanya dapat dilakukan pada areal yang dianggap hutan produksi tersebut. Masyarakat setempat kebanyakan melakukan kegiatan penambangan secara tradisional, yaitu menggunakan glundung dan air raksa yang sebagian dapat mencemari Sungai Lusang yang melewati daerah ini. Sungai Lusang merupakan cabang Sungai Lalangi, keduanya mengalir dan berinduk ke Sungai Ketaun.

Musim kemarau merupakan situasi yang menggairahkan bagi para penambang tradisional, karena pekerjaan mereka tidak terganggu oleh banjir yang selalu membawa pasir dan pepohonan yang tumbang. Peristiwa tersebut merupakan gangguan utama bagi para penambang, karena aktifitas mereka sehari-hari menggantungkan kebutuhan akan air bersih pada sungai tersebut. Selain itu apabila masuk musim penghujan, sebagian banyak tailing ditransport kesungai oleh air banjir dan mengundang protes penduduk bagian bawah.

Suku Rejang merupakan komunitas masyarakat pribumi dan kebanyakan sudah berbaur dengan penduduk pendatang yaitu suku Padang, Sunda dan Jawa, sehingga mereka sangat fasih dalam menggunakan empat bahasa. Pada saat ini keadaan masyarakat dapat dianggap kondusif dan sangat mendukung apabila ada sebuah perusahaan yang melakukan penambangan di wilayah ini.

Untuk keamanan wilayah ini diantaranya telah dilakukan pendataan bagi masyarakat pendatang yang mencari nafkah di wilayah ini. Mereka sebelumnya harus melaporkan diri kepada pemerintah setempat terutama kepada aparat kepolisian, karena di daerah tambang rakyat sering terjadi masalah yang tidak diinginkan.

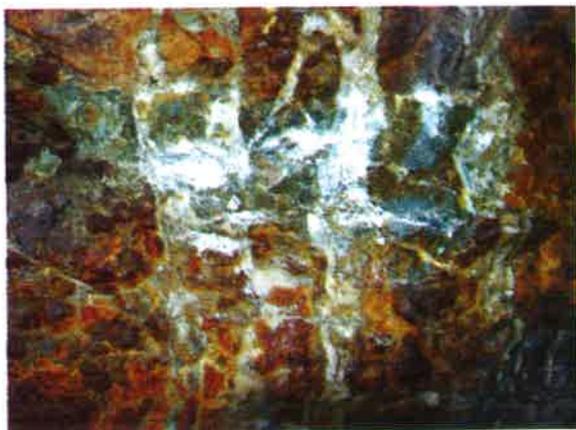
Re-evaluasi cadangan di wilayah ini dilakukan setelah mempelajari sejumlah literatur yang menegaskan bahwa cadangan emas di Tandai mungkin dapat dimanfaatkan untuk penambangan sekala menengah secara berkelanjutan. Seluruh lobang tambang telah dilakukan pengecekan dan pengambilan contoh batuan secara terinci. Hasil analisis kimia terhadap emas memberikan nilai yang masih dapat dianggap ekonomis pada saat sekarang.

Leborg Tandai merupakan lokasi emas yang berarah timur-barat, sebagai resultan dari Sistem Sesar Sumatra, mulai dari Leborg Baru yang ditambang oleh Jepang untuk mengambil tembaga dan emas, bersambung ke Leborg Tandai hingga ke Aer Noar, dengan jarak mencapai 6 km. Punggungan tersebut dipotong oleh Sungai Lusang yang ber arah utara-selatan, sehingga banyak singkapan yang ditemukan pada pinggir sungai tersebut.

Penyelidik Terdahulu

PT Lusang Mining telah melakukan penambangan akan tetapi tidak berlanjut. Kemudian Billiton melakukan pemboran uji di beberapa wilayah yang dianggap prospek. Potensi emas terlihat setelah mengamati beberapa shaft dan adit, terutama di Kata 5 dan Kata 4, para penyelidik terdahulu menganggap bahwa bonanza emas masih mungkin dijumpai di lokasi ini (Kavalieris, 1993).

membentuk sudut 30° , terhadap sesar utama berarah timur-barat dimana arah-arah struktur tersebut telah membentuk arah beberapa breksi hidrotermal, yang mengandung emas bersama khlorit dan kalsedon di Lebong Tandai. (Gambar 4).



Gambar 4. Batuan vulkanik andesitik terkoyakkan diisi breksi kuarsa yang mengandung emas dan perak, cebakan emas yang terbentuk di dalam urat kuarsa pada umumnya berasosiasi dengan pita-pita khlorit.

Sedangkan di Lebong Baru yang merupakan blok mineralisasi bagian timur, banyak ditemukan enargit, covellit dan mineral tembaga sekunder yaitu malahit, azurit dan alunite. Struktur lipatan tidak begitu menonjol dan hanya diwakili oleh *drag fold*, sebagai indikasi adanya patahan/sesar naik secara setempat di wilayah ini. Perpotongan struktur patahan secara setempat maupun struktur utama, terkadang membentuk sirkulasi endapan kuarsa yang cukup potensial mengandung emas dan perak.

Temuan di beberapa lokasi terutama di dalam lobang tambang, memperlihatkan adanya potensi emas di dalam urat kuarsa bentuknya secara tidak teratur. Bentuk urat kuarsa yang saling memotong dan mengandung pirit halus bersama emas dan perak, seperti halnya di Lebong Tandai dan di Alu Pinang.

Ubahan

Ubahan yang paling luas dan penting untuk mineralisasi disini, membentuk struktur berlapis yang terdiri dari khlorit-kalsedon dalam batuan terbreksikan, kemudian dicirikan oleh mineral sulfida yang sangat halus terutama berupa pirit dan argentit. Silisifikasi ditemukan berupa kuarsa amorf berasosiasi dengan ortoklas/adularia, bentuk pipih mineral karbonat, sedikit serisit halus sekali, pirolusit atau rodokrosit dan hematit, sering ditemukan sebagai paduan untuk terbentuknya mineralisasi emas dan perak di wilayah Lebong Tandai tersebut.

Lebong Baru merupakan suatu wilayah mineralisasi yang terletak disebelah timur Lebong Tandai, memperlihatkan jenis mineralisasi yang jauh berbeda dengan di Lebong Tandai. Di Lebong Baru banyak ditemukan khlorit di dalam ubahan propilitik yang mengitari ubahan kuarsa-pirit-kalsit dan ditemukan adanya mineral alunite yang berasosiasi dengan mineral tembaga, timah hitam dan seng. Sulfida sangat banyak ditemukan dan memberikan ciri penting untuk membedakan tipe mineralisasi pada satu jalur yang sama.

Mineralisasi

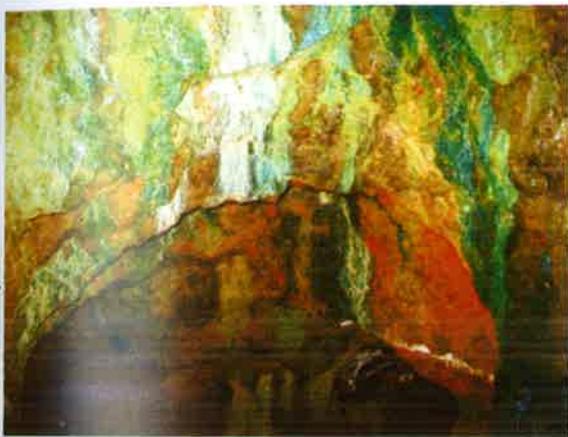
Di wilayah Lebong Tandai, mineralisasi terbentuk secara dominan di dalam urat kuarsa yang sebagian terbreksikan, memanjang dari timur ke barat, ditandai adanya mineral sulfida perak, emas, stibnit, mangan dan hematit serta sedikit timbal, dengan mineral ubahan terdiri dari adularia, kalsedon, kalsit dan serisit. Urat kuarsa terbentuk secara terputus-putus sepanjang 1 hingga 3 km, ketebalan bervariasi dari 1 m hingga 6,5 m kemiringan antara 30° hingga 70° , secara umum ke arah utara, pada beberapa lokasi terdapat anomali emas hasil analisis kimia batuan. Asosiasi emas-perak sangat menonjol disini, dengan serisit sebagai indikasi adanya proses mineralisasi secara periodik/ *over print*. Breksiasi ditemukan pada sejumlah lokasi yang mengalami sobekan dan tegangan dari tekanan/tegasan yang membentuk struktur patahan (Gambar 5).



Gambar 5. Pengambilan conto batuan berupa breksi kuarsa di dalam ubahan terkonsolidasi kuat sehingga banyak ditemukan urat-urat kalsedon dengan struktur koloform dengan dilapisi oleh khlorit berwarna kehijauan, bersama pirit halus dan galena serta pirolusit, terbentuk di dalam lubang/tunnel.

Lebong Baru merupakan bagian dari Lebong Tandai, dan memperlihatkan tipe mineralisasi yang berbeda dengan di Lebong Tandai. Lokasi ini dibatasi oleh patahan normal yang ber arah timur laut-barat daya. Enargit yaitu asosiasi tembaga-arsenik-sedikit emas sebagai elekrum banyak ditemukan disini terutama pada bagian permukaan, pada tingkat bawah banyak ditemukan kalkopirit-galena-sfalerit, yang masih tetap berhubungan erat dengan emas.

Pada beberapa lubang tambang banyak ditemukan mineral tembaga sekunder berupa kalkosit, kovelit, azurit dan malahit, selain itu ditemukan juga zeolit dibagian permukaan berupa kristal halus dan lembut (Gambar 6).



Gambar 6. Malakit, Azurit dan hematit sebagai mineral sekunder tembaga dan besi, selain itu terdapat juga kalkopirit dan galena, mineralisasi ini terbentuk di dalam batuan terkarsikkan, terpatahkan di dalam lobang tambang Lobang Baru pada level 3.

Pseudomorf ortoklas adularia yang berkembang di wilayah ini telah membentuk karakteristik mineralisasi emas yang sangat berhubungan erat dengan adularia dan sedikit serisit, kemungkinan adanya pengaruh dari proses *overprinting*. Intrusi breksi kuarsa sering ditemukan dikarenakan adanya cairan magma yang mendesak kuat ke atas dan mengisi beberapa rongga yang mengandung karbonat, sehingga terbentuk adanya turmalin berwarna kemerahan dan sedikit garnet di lokasi tertentu.

Ametis telah memperlihatkan tanda-tanda kurangnya mineralisasi emas terbentuk karena proses kristalisasi tinggi dengan tekanan kuat sehingga terjadi migrasi mineral logam yang bertemperatur rendah (Gonzales, 2007). Barik-barik kuarsa halus terbentuk pada bagian tengah dan dibawah permukaan, apabila terdapat hematit akan membentuk mineralisasi emas yang cukup potensial seperti yang ditemukan di wilayah Siman yaitu dibagian barat Tandai dekat ke Aer Noar.

Pembahasan

Mineralisasi emas di Lebong Tandai, memperlihatkan keterkaitan dengan perak di dalam urat-urat kuarsa dan breksi hidrotermal. Selain emas ditemukan juga mineral logam, diantaranya stibnit berbentuk jarum-jarum halus, galena dan sfalerit bersama pirit halus. Beberapa mineral ubahan adularia-serisit-pirit sangat mendominasi di wilayah ini, juga ditemukan klorit berbentuk pita-pita halus.

Mineralisasi emas di Lebong Tandai terbentuk pada jalur perbukitan berarah timur-barat, berupa urat-urat kuarsa hingga breksi hidrotermal ditemukan sepanjang 5 km dari Lebong Tandai hingga Aer Noar. Sedangkan dibagian atas ditemukan koloform kalsedon dan struktur perlapisan silika, hal ini mencirikan tipe mineralisasi epitermal emas-perak sulfida rendah.

Mineralisasi emas di wilayah Lebong Baru, memperlihatkan asosiasi antara emas dengan tembaga, serta sebagian timah hitam dan seng. Zeolit banyak ditemukan sebagai mineral petunjuk adanya mineral sekunder yang diakibatkan oleh adanya *over printing* yang cukup potensial. Mineral sekunder untuk tembaga tersebar dimana-mana diantaranya kovelit, kalkosit, malahit dan azurit sebagian berupa neotosit, tetapi jarang ditemukan.

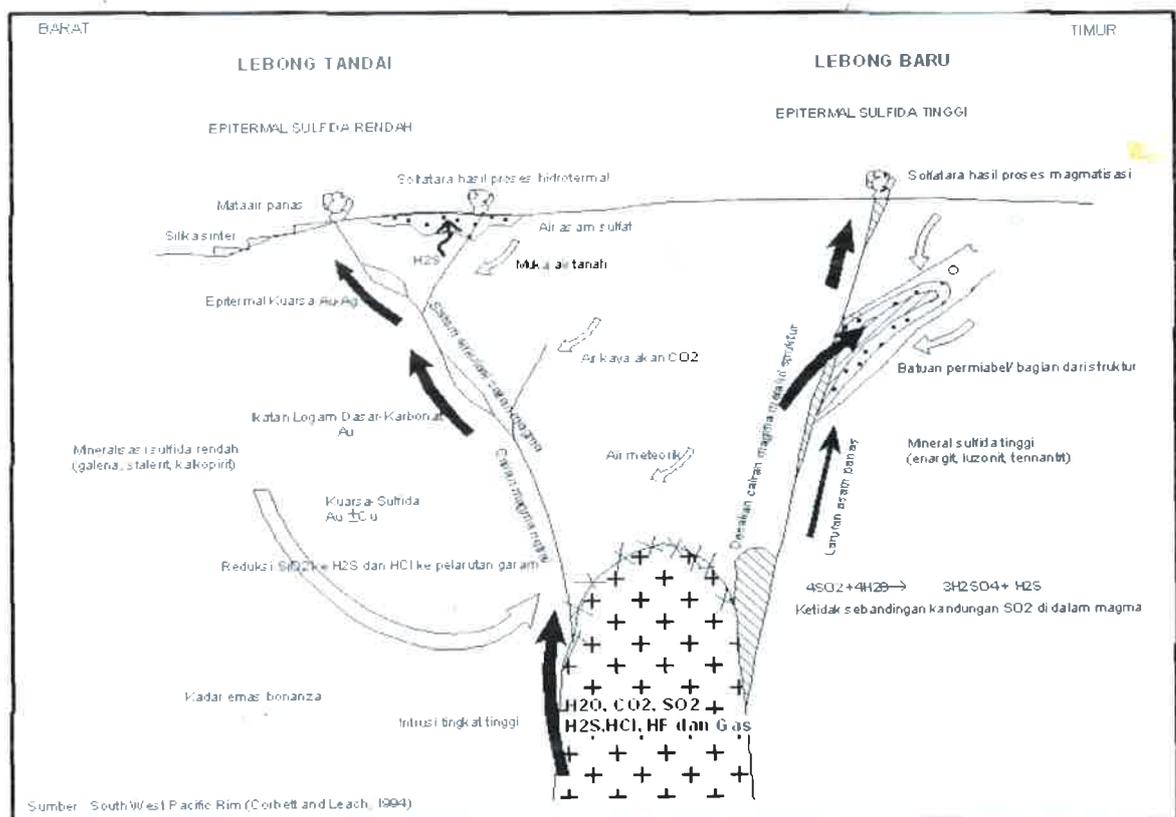
Dari hasil pengamatan lapangan dapat dikatakan bahwa tipe mineralisasi emas di Lebong Baru, yaitu berupa tipe epitermal tembaga-emas sulfida tinggi, dengan ditemukannya alunit sebagai mineral utama penunjuk tipe mineralisasi tersebut.

Kedua tipe mineralisasi emas tersebut di atas, terletak dalam satu garis struktur sesar berarah timur-barat, hal ini dikarenakan adanya pengaruh batuan samping yang diterobosnya. Di wilayah Lebong Tandai ditempati oleh batuan vulkanik andesit dan sedikit basal, sedangkan di wilayah Lebong Baru ditempati oleh selang seling antara batuan vulkanik andesitik dan dasitik, dengan batuan sedimen gampingan. Dari kedua tipe mineralisasi yang terbentuk di Lebong Tandai dan sekitarnya, telah ditambang oleh Belanda, Jepang dan PT Lusang Mining dan sisa penambangan tersebut masih dapat dimanfaatkan (Gambar 7).

Data unsur jejak batuan vulkanik Lebong Tandai, juga menunjukkan bahwa batuan-batuan disana telah mengalami pengayaan akan unsur Th dan Nb, kemungkinan besar akibat adanya kontaminasi sewaktu magma asal menerobos kerak benua di bawah Pulau Sumatera, dalam perjalanannya menuju permukaan. Namun proses pengayaan ini juga terjadi dengan dua tingkat atau intensitas pengayaan yang berbeda, sehingga menghasilkan dua klaster yang terpisah (Zulkarnaen, 2008).



Gambar 7. Penampang tingkat/level tambang dalam ber arah timur barat, sebanyak 12 tingkat lobang tambang yang memanjang dari Lebong Baru hingga Aer Noar. Tanda kotak-kotak merah merupakan sisa tambang dalam, yang masih bisa ditambang dan dapat dimanfaatkan. (Cadawan, Arief and Nur, 2006 ; modifikasi dari Lusang Mining, 1993).



Gambar 8. Model tipe mineralisasi emas epitermal sulfida rendah Lebong Tandai dan tipe tembaga-emas epitermal sulfida tinggi Lebong Baru Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu

Hasil pengamatan di lapangan terhadap beberapa singkapan di dalam lobang tambang maupun di permukaan, maka mineralisasi emas di wilayah bekas tambang ini terdapat dua tipe mineralisasi. Tipe mineralisasi emas-perak

epitermal sulfida rendah di Lebong Tandai dan tipe mineralisasi emas-tembaga epitermal sulfida tinggi di Lebong Baru, dalam satu garis struktur berarah timur-barat. (Gambar 8).

Keterjadian tersebut memperlihatkan suatu penampang mineralisasi yang kompleks, dengan ditemukannya dua tipe mineralisasi yang berbeda dalam satu liniasi struktur. Sehingga kemungkinannya masih dalam satu sumber magma/"magma satu" dan batuan vulkaniknya disebut adakitik yang mengandung logam emas lebih banyak daripada batuan kalk-alkalin (Zulkarnaen, 2008). Hal ini sesuai dengan adanya pengaruh cairan hidrotermal dengan dicirikan adanya solfatara hidrotermal dipermukaan, yang menghasilkan emas-perak epitermal sulfida rendah, sedangkan yang berkaitan dengan magma dan memberikan indikasi solfatara magmatisasi, menghasilkan tembaga-emas epitermal sulfida tinggi (Gambar. 8).

KESIMPULAN DAN SARAN

Beberapa hasil temuan di lapangan telah memberikan data yang akurat, bahwa tipe mineralisasi di wilayah Lebong Tandai terdiri dari epitermal sulfida rendah dan epitermal sulfida tinggi yang saling berimpit, hal ini memberikan suatu gambaran yang kontras untuk diselidiki secara detail. Wilayah ini telah menghasilkan emas puluhan ton sehingga telah memberikan arti penting untuk ditindak lanjuti, pihak perusahaan terkait harus bekerja keras untuk mengungkap lebih mendalam tentang bahan galian tersisa di wilayah ini.

Hasil penyelidikan sementara dengan melakukan pemetaan di bawah tanah, telah ditemukan adanya sisa-sisa penambangan Belanda yang masih dapat dimanfaatkan (Gambar 7). Hal tersebut didukung pula dengan hasil analisis kimia untuk emas, perak dan logam dasar, dimana emas dan perak ditemukan dari Lebong Tandai hingga Aer Noar, sedangkan emas dan tembaga ditemukan di Lobang baru.

Ditemukannya cadangan yang masih tersisa maka pihak perusahaan akan melakukan

pemboran secara terinci, hal ini diharapkan dapat diperoleh sisa cadangan secara terunjuk, terutama di wilayah Siman dan Air Pinang yang cukup signifikan.

Penambangan di wilayah ini kemungkinannya lebih efektif apabila dilakukan secara tambang terbuka, sehingga semua sisa penambangan lama berupa batuan terubah dan termineralisasi, yang mengandung urat-urat kuarsa dan pirit diseminasi dapat ditambang secara keseluruhan. Kendala penambangan di wilayah ini yaitu, perlunya melakukan studi kelayakan mengenai Sungai Lusang yang membelah di tengah-tengah wilayah yang akan ditambang apabila penambangan dilakukan hingga mencapai dibawah permukaan air.

Disarankan perlu dilakukannya penyelidikan yang difokuskan untuk mengetahui *cut of grade* emas tersebut, selain itu perlu dilakukannya penyelidikan di wilayah Toko Rotan yang terletak di utara daerah prospek dan di Karang Suluh yang terletak dibagian selatannya, diharapkan juga adanya endapan porfiri di wilayah utara dari Toko Rotan, seperti yang ditemukan float batuan di Sungai Lusang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terutama penulis ucapkan terima kasih kepada Mr. Larry Cadawan, Mr. Elias Nacario, Mr. Rene I. Gonzales dan Mr. Adhi A. Syoekri yang telah membantu dalam melakukan penelitian di wilayah bekas Tambang Lebong Tandai, juga diucapkan terima kasih kepada Dr. Ir. Hadiyanto, MSc, Kepala Pusat Sumber Daya Geologi, Ir. R. Hutamadi, Koordinator Kelompok Program Konservasi PMG, Dr. Ir. Bambang Tjahjono S., MSc, Ir. Bambang Pardiarto yang telah memberikan pengarahan dalam penyusunan makalah ini. Asep Ahdiat yang telah membantu penggambaran komputerisasi.

ACUAN

- Cadawan C., Nacario E., Arief R., Nur M., 2006. *Re evaluated gold-copper mineralization in Lebong Tandai, North Bengkulu, Bengkulu Province, Indonesia*, SCG unpublsh report, 2006.
- Gafoer, S., Amin T.C., dan Pardede R., 1992 *Peta Geologi Lembar Bengkulu, Sumatera skala 1 : 250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Gonzales R. I., 2007 *Estimation of structural control for gold mineralization in Tandai Prospect, Bengkulu, Sumatra, Indonesia*. Unpub. Report, 2007.
- Kavalieris I., 1993 *The Geology and mineralization of the Tandai Mine, Sumatera, Indonesia*. Unpub. Report to CSR company.
- Kusnama, Pardede R., Andi Mangga S., dan Sidarto, 1993 *Geologi Lembar Sungaipenuh dan Ketaun, Sumatera, skala 1 : 250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung.

- Lusang Mining, 1993 *Syudy Kelayakan rencana penambangan di Lebong Tandai, Bengkulu-Sumatera, Indonesia*. Tidak diterbitkan.
- Mangga, S.A., Gafoer S., dan Suwarna N., 1987 *Hubungan geologi antar Kepulauan Mentawai dan daratan Sumatra bagian selatan pada Tersier*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Yudawinata K. dan Sunarya Y., 1979. *Penyelidikan emas primer di wilayah Toko Rotan, Lebong Tandai hingga Karang Suluh dengan indikasi sebaran emas timur-barat*, Direktorat Geologi Bandung.
- Zulkarnaen I., 2008 *Petrogenesis batuan vulkanik daerah tambang emas Lebong Tandai, Provinsi Bengkulu, berdasarkan karakter geokimianya*. Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI Bandung

TIPE SISTEM PANAS BUMI DI INDONESIA DAN ESTIMASI POTENSI ENERGINYA

Oleh:

Kasbani

Penyelidik Bumi Madya

Kelompok Program Penelitian Panas Bumi,
Pusat Sumber Daya Geologi

SARI

Indonesia memiliki potensi energi panas bumi yang sangat besar, sekitar 28 GWe, yang berada dalam berbagai tipe system panas bumi. Berdasarkan asosiasi lingkungan geologinya, Sistem panas bumi di Indonesia dapat di kelompokkan menjadi tiga tipe utama : vulkanik, vulkano tektonik dan non vulkanik. Tipe vulkanik dapat dibedakan lagi menjadi sistem tubuh gunung api strato, sistem kompleks gunung api dan sistem kaldera sedangkan tipe vulkano tektonik pada umumnya merupakan perpaduan antara struktur depresi (graben) dan kerucut vulkanik. Pengelompokan sistem ini dapat memberikan gambaran atau estimasi awal besarnya potensi energinya. Tipe kompleks vulkanik ataupun kaldera pada umumnya mempunyai potensi energi panas bumi yang jauh lebih besar daripada tipe-tipe lainnya.

ABSTRACT

Geothermal energy potential in Indonesia is very large of about 28 Gwe which are distributed in various geothermal systems. Based on their geologic settings, geothermal systems in Indonesia can be classified in three main types: vulcanics, vulcano-tectonics and non vulcanics. The vulcanic type geothermal system may consist of single strato volcano, vulcanic complex, and caldera systems, whereas, the vulcano-tectonic type generally occurs both in depression structures (graben) and vulcanic cones. This classification of the systems may be used for preliminary estimation of their geothermal energy potentials. Vulcanic complex or caldera types generally have much larger geothermal energy potentials than other types.

PENDAHULUAN

Pemenuhan kebutuhan energi nasional saat ini masih mengandalkan energi yang berasal dari sumber daya energi fosil seperti bahan bakar minyak dan gas; dan hanya sebagian kecil atau kurang dari 5 % berasal dari energi baru dan terbarukan (EBT), termasuk panas bumi.

Energi panas bumi ini sebenarnya mempunyai banyak kelebihan antara lain bersifat ramah lingkungan bila dibandingkan dengan jenis energi lainnya terutama yang berasal dari hasil pembakaran bahan bakar fosil (fossil fuel), emisi gas CO₂ yang dihasilkan dari panas bumi jauh lebih kecil, sehingga bila dikembangkan akan mengurangi bahaya efek rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global. Sumber energi panas bumi ini juga cenderung tidak akan habis, karena proses pembentukannya yang terus menerus selama kondisi lingkungannya (geologi dan hidrologi) dapat terjaga keseimbangannya. Mengingat energi panas bumi ini tidak dapat diekspor, maka pemanfaatannya diarahkan untuk mencukupi kebutuhan energi domestik, dengan demikian energi panas bumi akan menjadi energi alternatif andalan dan vital karena dapat mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap

sumber energi fosil yang kian menipis dan dapat memberikan nilai tambah dalam rangka optimalisasi pemanfaatan aneka ragam sumber energi di Indonesia.

Potensi panas bumi di Indonesia saat ini mencapai sekitar 28 GWe (Badan Geologi, 2009) atau setara dengan sembilan milyar barel minyak bumi untuk masa pengoperasian 30 tahun, menempatkan sebagai salah satu negara terkaya akan potensi energi panas bumi. Potensi yang besar ini terkandung di dalam berbagai tipe system panas bumi sesuai dengan tatanan geologinya.

Tulisan ini membahas tentang pengelompokan tipe system panas bumi yang ada di Indonesia serta implikasinya terhadap estimasi awal besarnya potensi yang terkandung di dalamnya. Estimasi awal ini tentunya sangat berguna baik bagi pemerintah untuk membuat skala prioritas dalam merencanakan penyelidikan selanjutnya, maupun bagi pengembang untuk memberikan penilaian awal terhadap potensi yang terkandung dalam suatu lapangan panas bumi yang terkait dengan kepentingan bisnisnya, seperti persiapan dalam pelelangan wilayah kerja.

PERSYARATAN TATANAN GEOLOGI

Sumberdaya panasbumi pada umumnya berkaitan dengan mekanisme pembentukan magma dan kegiatan vulkanisme. Sistem panas bumi dengan suhu yang tinggi, umumnya terletak di sepanjang zona vulkanik punggung pemekaran benua, di atas zona subduksi seperti di Indonesia, dan anomali pelelehan di dalam lempeng. Batas-batas pertemuan lempeng yang bergerak merupakan pusat lokasi untuk munculnya sistem hidrotermal magma. Transfer energi panas secara konduktif pada lingkungan tektonik lempeng diperbesar oleh gerakan magma dan sirkulasi hidrotermal.

Persyaratan utama untuk pembentukan sistem panas bumi (hidrotermal) adalah sumber panas yang besar (*heat source*), reservoir untuk mengakumulasi panas, dan lapisan penudung terakumulasinya panas (*cap rock*). Dalam system hidrotermal ini, panas dapat berpindah secara konduksi dan konveksi. Menurut Hochstein dan Muffler (1995), transfer panas dari kerak dapat berasal dari busur vulkanik, *plume*, pelelehan *subcrustal* oleh *underplating*, pemekaran kerak, atau akibat deformasi plastis.

Reservoir panasbumi yang produktif harus memiliki porositas dan permeabilitas yang tinggi, ukuran cukup besar, suhu tinggi dan kandungan fluida yang cukup. Permeabilitas dihasilkan oleh karakteristik stratigrafi (misal porositas intergranular pada lapilli, atau lapisan bongkah-bongkah lava) dan unsur struktur (misalnya sesar, kekar, dan rekahan). Geometri reservoir hidrotermal di daerah vulkanik merupakan hasil interaksi yang kompleks dari proses vulkanotektonik aktif antara lain stratigrafi yang lebih tua dan struktur geologi.

Batuan penudung yang *impermeable* atau memiliki permeabilitas rendah menutupi reservoir sangat diperlukan untuk mencegah jalan keluar akumulasi fluida panas dalam reservoir. Pada lingkungan vulkanik yang berasosiasi dengan pergerakan tektonik yang menyebabkan terbentuknya celah, batuan penudung impermeabel tanpa celah yang ideal seharusnya jarang ditemukan. Akan tetapi, proses geokimia yang menyebabkan terjadinya ubahan-ubahan hidrotermal dan deposisi mineral sangat membantu dalam menutup celah-celah yang terbentuk, contohnya kalsit dan silika yang berperan sebagai penyegel celah-celah tersebut.

DISTRIBUSI DAN POTENSI PANAS BUMI INDONESIA

Sesuai dengan yang telah diamanatkan di dalam UU No 27/2003, Pemerintah, dalam hal ini Badan Geologi, mempunyai tugas untuk melakukan survei pendahuluan dan eksplorasi panas bumi di wilayah hukum Indonesia.

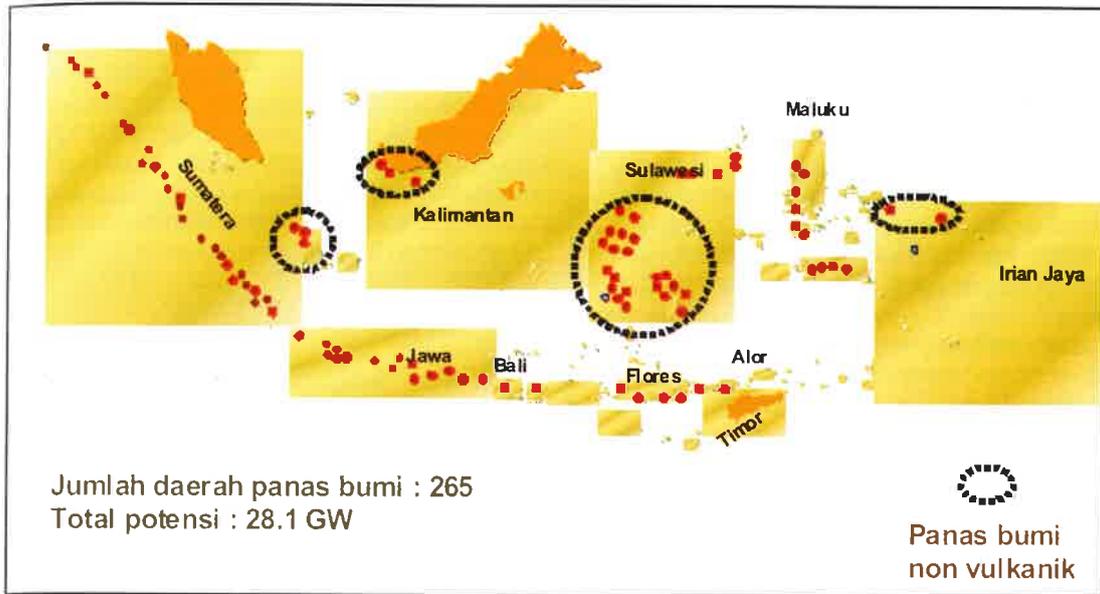
Kegiatan survei dan eksplorasi ini akan digunakan sebagai bahan masukan untuk penetapan wilayah kerja pertambangan panas bumi (WKP). Untuk mendukung kegiatan tersebut, pemerintah dalam hal ini Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral telah merumuskan beberapa pedoman yang telah disahkan sebagai standar nasional, antara lain Standar Nasional "Klasifikasi Potensi Energi Panas Bumi di Indonesia", SNI 18-6009-1999.

Berdasarkan SNI ini, ada beberapa tahapan penyelidikan dalam pengembangan panas bumi yang terkait dengan pengklasifikasian potensi energi panas bumi. Setiap tahapan memiliki tingkat akurasi dan teknik yang berbeda-beda. Tahapan eksplorasi yang lebih rinci dan terpadu akan memberikan tingkat kepastian yang lebih tinggi dalam penentuan dan penghitungan potensi energi panas bumi pada suatu daerah tertentu.

Badan Geologi telah menyusun Neraca Potensi Panas Bumi Indonesia yang statusnya selalu diperbarui. Klasifikasi potensi di dalam Neraca ini disusun mengikuti Standar Nasional "Klasifikasi Potensi Energi Panas Bumi di Indonesia", SNI 18-6009-1999. Sumber data potensi berasal baik dari hasil penyelidikan yang dilakukan sendiri oleh Badan Geologi maupun yang berasal dari instansi lain dan para pengembang.

Sampai saat ini di Indonesia terdapat 265 lokasi panas bumi yang tersebar di sepanjang jalur vulkanik yang membentang dari P. Sumatera, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Sulawesi, dan Maluku serta daerah-daerah non vulkanik seperti Kalimantan dan Papua (Gambar 1). Sebagian besar lokasi panas bumi (~80%) merupakan daerah panas bumi yang berasosiasi dengan lingkungan busur vulkanik Kuartar, dan sisanya adalah berasosiasi dengan lingkungan non vulkanik yang berada diluar busur vulkanik tersebut. Perkiraan total potensi energi panas bumi di Indonesia sekitar 28 GWe atau setara dengan 8 ~ 10 milyar barel minyak bumi. Dengan total potensi sebesar ini menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara terkaya akan energi panas bumi.

Apabila dilihat dari status penyelidikannya, dari 265 daerah panas bumi yang ada, sekitar 62% daerah panas bumi masih berada pada tahap penyelidikan pendahuluan atau inventarisasi dengan potensi pada kelas sumber daya spekulatif. Daerah yang telah disurvei secara rinci melalui eksplorasi permukaan dengan atau tanpa pengeboran landaian suhu bsru sebanyak 82 lokasi (32%). Dari sisi pemanfaatan untuk energi listrik, saat ini baru 7 lokasi atau 2,73 % lapangan panas bumi yang telah berproduksi dengan kapasitas total terpasang 1189 MW.



Gambar 1: Distribusi lokasi panas bumi di Indonesia.

Tabel 1:
Tabel potensi panas bumi di Indonesia tiap pulau

Pulau	Sumber Daya		Cadangan			
	Spekulatif (MWe)	Hipotetis (MWe)	Terduga (MWe)	Mungkin (MWe)	Terbukti (MWe)	Terpasang (MWe)
Sumatra	4975	2121	5845	15	380	12
Jawa	1960	1771	3265	885	1815	1117
Bali	70	-	226	-	-	-
Nusa Tenggara	340	359	747	-	15	-
Kalimantan	45	-	-	-	-	-
Sulawesi	1025	32	959	150	78	60
Maluku	595	37	327	-	-	-
Papua	75	-	-	-	-	-
<i>Total</i>	9085	4320	11369	1050	2288	1189
265 Lokasi	13405		14707			
28.112 MWe						

Dengan adanya kegiatan inventarisasi dan eksplorasi baik yang dilakukan oleh pemerintah maupun oleh swasta, maka data potensi energi panas bumi di Indonesia akan berubah dari waktu ke waktu sesuai dengan tingkat penyelidikan yang telah dilakukan. Potensi energi panas bumi untuk status tahun 2009 disajikan pada Tabel 1.

SISTEM DAN POTENSI PANAS BUMI DI INDONESIA

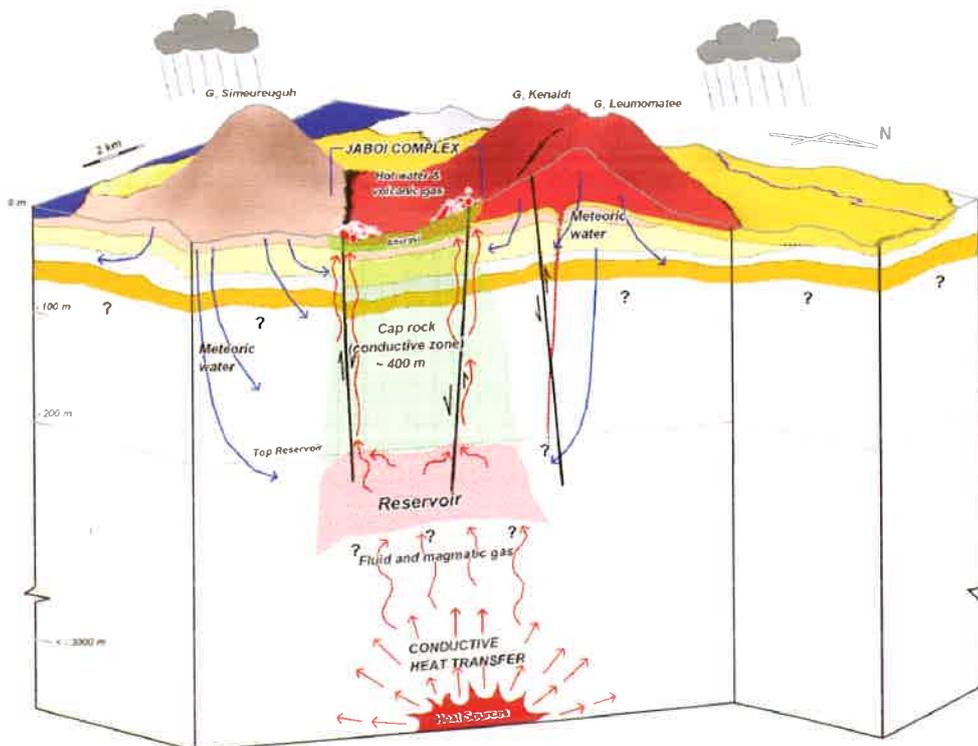
Posisi Kepulauan Indonesia yang terletak pada pertemuan antara tiga lempeng besar (Eurasia, Hindia Australia, Pasifik) menjadikannya memiliki tatanan tektonik yang kompleks. Subduksi antar lempeng benua dan samudra menghasilkan suatu proses peleburan magma

dalam bentuk partial melting batuan mantel dan magma mengalami diferensiasi pada saat perjalanan ke permukaan proses tersebut membentuk kantong kantong magma (silicic / basaltic) yang berperan dalam pembentukan jalur gunungapi yang dikenal sebagai lingkaran api (*ring of fire*). Munculnya rentetan gunung api Pasifik di sebagian wilayah Indonesia beserta aktivitas tektoniknya dijadikan sebagai model konseptual pembentukan sistem panas bumi Indonesia.

Di dalam tulisan ini hanya akan dibahas tentang sistem panas bumi hidrotermal yaitu sistem panas bumi yang mempunyai satu kesatuan antara sumber panas, reservoir dan batuan penudung seperti dibahas tersebut diatas. Pada panas bumi sistem ini pada umumnya mempunyai indikasi permukaan yang biasa disebut sebagai manifestasi panas bumi seperti mata air panas, fumarole, tanah panas, batuan ubahan dan sebagainya. Sehingga suatu lapangan panas bumi akan selalu menghasilkan fluida panas bumi apakah itu uap, air panas ataupun kombinasinya. Yang jadi masalah hanyalah tentang kualitas dan kuantitas fluidanya.

Berdasarkan asosiasi terhadap tatanan geologinya, sistem panas bumi di Indonesia dapat dikelompokkan menjadi 3 jenis, yaitu : vulkanik, vulkano tektonik dan Non-vulkanik. Sistem panas bumi vulkanik adalah sistem panas

bumi yang berasosiasi dengan gunungapi api Kuarter yang umumnya terletak pada busur vulkanik Kuarter yang memanjang dari Sumatra, Jawa, Bali dan Nusa Tenggara, sebagian Maluku dan Sulawesi Utara. Pembentukan sistem panas bumi ini biasanya tersusun oleh batuan vulkanik menengah (andesit-basaltis) hingga asam dan umumnya memiliki karakteristik reservoir sekitar 1,5 km dengan temperature reservoir tinggi (~250 - ≤ 370°C). Pada daerah vulkanik aktif biasanya memiliki umur batuan yang relatif muda dengan kondisi temperatur yang sangat tinggi dan kandungan gas magmatik besar. Ruang antar batuan (permeabilitas) relatif kecil karena faktor aktivitas tektonik yang belum terlalu dominan dalam membentuk celah-celah / rekahan yang intensif sebagai batuan reservoir. Daerah vulkanik yang tidak aktif biasanya berumur relatif lebih tua dan telah mengalami aktivitas tektonik yang cukup kuat untuk membentuk permeabilitas batuan melalui rekahan dan celah yang intensif. Pada kondisi tersebut biasanya terbentuk temperatur menengah - tinggi dengan konsentrasi gas magmatik yang lebih sedikit. Sistem vulkanik dapat dikelompokkan lagi menjadi beberapa tipe, misal : sistem tubuh gunung api strato jika hanya terdiri dari satu gunungapi utama, sistem kompleks gunung api jika terdiri dari beberapa gunungapi, sistem kaldera jika sudah terbentuk kaldera dan sebagainya. Gambar 2 adalah contoh tipe sistem kompleks gunung api di lingkungan pulau-pulau



Gambar 2: Model tentatif sistem panas bumi Jaboi, Aceh (Badan Geologi, 2006)
(Contoh tipe sistem panas bumi kompleks vulkanik di pulau kecil)

kecil seperti Pulau Weh, sedangkan Gambar 3 merupakan contoh tipe sistem kompleks gunung api di lingkungan pulau-pulau besar seperti di Pulau Jawa. Hal ini untuk menunjukkan bahwa tipe yang sama akan memberikan potensi yang jauh berbeda jika lingkungannya berbeda. Gambar 4 adalah salah satu contoh tipe sistem kaldera.

Sistem panas bumi vulkano tektonik, sistem yang berasosiasi antara struktur graben dan kerucut vulkanik, umumnya ditemukan di daerah Sumatera pada jalur sistem sesar Sumatera (Sesar Semangko). Contoh disini ditunjukkan pada Gambar 5. Sistem panas bumi Non vulkanik adalah sistem panas bumi yang tidak berkaitan langsung dengan vulkanisme dan umumnya berada di luar jalur vulkanik Kuartar (Gambar 6). Lingkungan non-vulkanik di Indonesia bagian barat pada umumnya tersebar di bagian timur *sundaland* (paparan sunda) karena pada daerah tersebut didominasi oleh batuan yang merupakan penyusun kerak benua

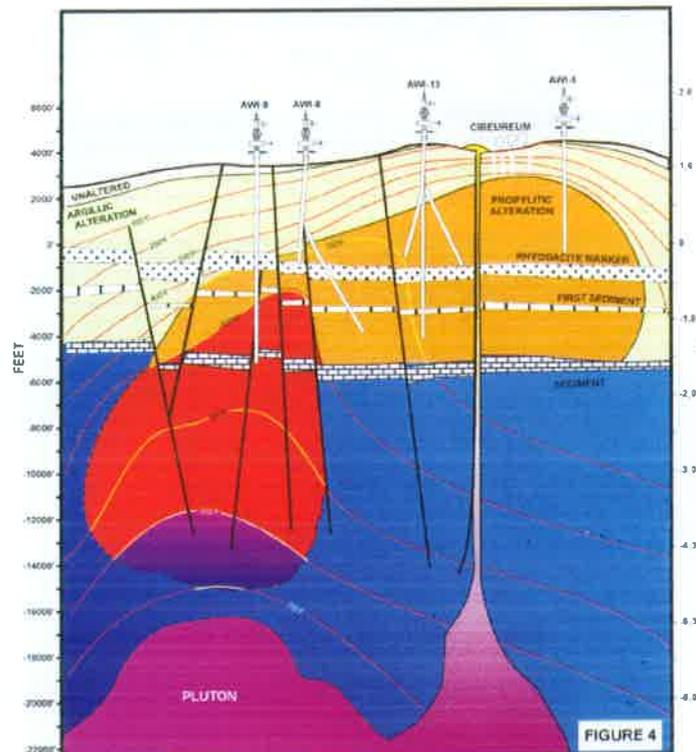
Asia seperti batuan metamorf dan sedimen. Di Indonesia bagian timur lingkungan non-vulkanik berada di daerah Irian dan kaki Sulawesi serta daerah Kepulauan Maluku hingga Irian didominasi oleh batuan granitik, metamorf dan sedimen laut.

Pengelompokan sistem ini juga akan memberikan gambaran atau estimasi awal besarnya potensi energinya. Sistem kompleks gunung api dan sistem kaldera, karena telah mengalami proses geologi yang panjang dan lama, memungkinkan potensi energinya akan jauh lebih besar dibandingkan dengan sistem tubuh gunung api tunggal. Perkiraan awal mengenai besar potensi panas bumi suatu daerah berdasarkan lingkungan geologinya dapat menjadi panduan dalam menentukan prioritas penyelidikan pendahuluan panas bumi oleh Pemerintah, dalam hal ini Badan Geologi. Tabel 2 memberikan gambaran tentang berbagai sistem panas bumi tersebut dan perkiraan awal potensi energinya.

PENYIAPAN WILAYAH KERJA (WKP)

Menurut UU No. 27/2003, dari hasil survei pendahuluan (geologi, geokimia dan geofisika) sudah dapat ditetapkan sebagai WKP dan selanjutnya untuk dilelangkan. Karena didalam pelelangan menyangkut harga uap atau listrik (PP No 59/2007), tentunya dari hasil survei pendahuluan ini masih terdapat banyak kelemahan karena hasil survei tersebut baru bisa memberikan gambaran awal sistem panas bumi. Gambaran awal sistem panas bumi ini baru menyangkut perkiraan tentang: geometri

AWIBENGGOK CROSS SECTION



Gambar 3. Model hidrotermal Lapangan Awibengkok, Komplek Gunung Salak (CGI, 2002) (Contoh tipe sistem panas bumi kompleks vulkanik di pulau besar)

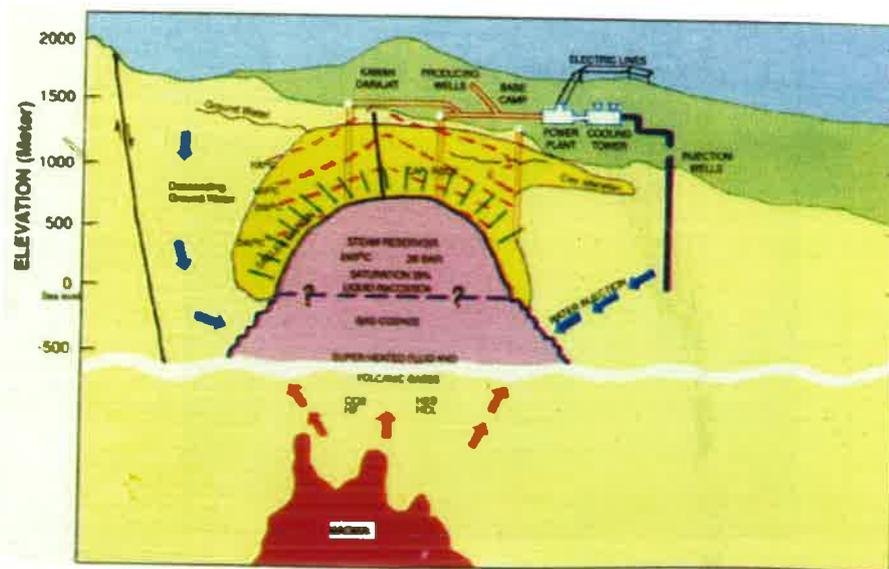
Reservoir, kedalaman, temperatur, potensi energi, yang diperoleh melalui survei permukaan. Didalam membuat perkiraan gambaran sistem panas bumi ini masih banyak parameter-parameter diasumsikan. Salah satu parameter yang sangat mempengaruhi di dalam penentuan harga listrik adalah kapasitas sumur (*output/well*), yang tentunya tidak akan didapatkan dari hasil survei pendahuluan. Sehingga tingkat ketidakpastian dalam penentuan harga listrik atau resiko penawaran harga lelang masih sangat besar.

Untuk mengurangi tingkat ketidakpastian tersebut di atas dapat dilakukan dengan menaikkan tingkat penyelidikan melalui pengeboran eksplorasi sebelum WKP ditetapkan.

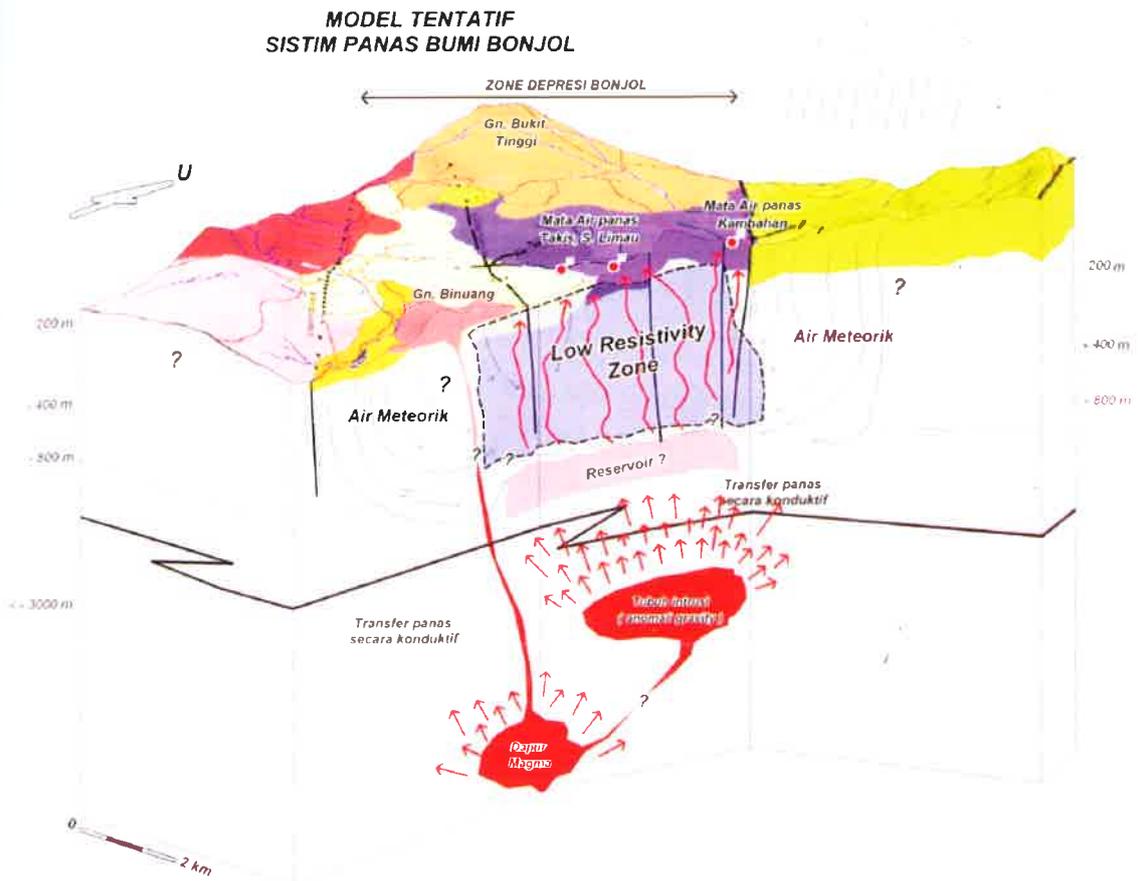
Kegiatan ini menurut undang-undang dapat dilakukan oleh pemerintah (Badan Geologi) namun ketersediaan anggaran pemerintah sangat terbatas. Sebagai salah satu solusi karena keterbatasan anggaran pemerintah, maka untuk menyiapkan WKP pemerintah dapat memberikan penugasan kebadan usaha untuk melaksanakan kegiatan eksplorasi dengan mekanisme lelang. Namun demikian, hal ini belum diatur dalam undang-undang. Pengelompokan tipe sistem panas bumi yang kami sampaikan ini, barangkali dapat digunakan sebagai pedoman awal dalam memilih lokasi-lokasi panas bumi untuk dilakukan penyelidikan selanjutnya bagi pemangku kepentingan.

Tabel 2 :
Hubungan antara tipe sistem panas bumi di Indonesia dan estimasi awal potensi energinya

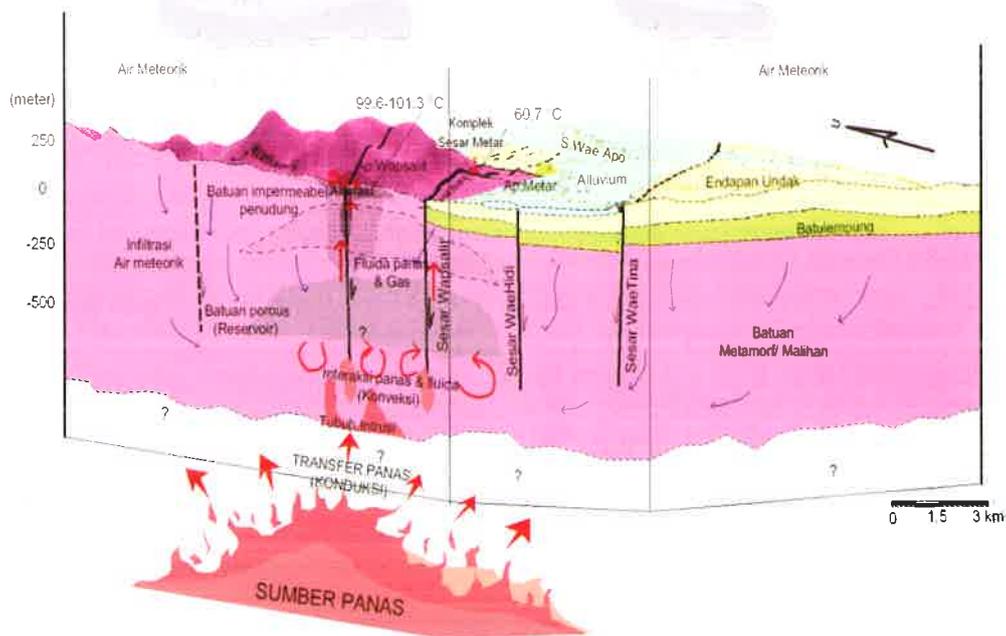
Tipe		Temperatur/ Entalpi	Potensi Energi	Contoh
Vulkanik	Gunungapi Strato- tunggal	Tinggi ~ 250°C	Sedang 50 - 100 MW	G. Lawu, G. Tampomas, G. Endut, dsb.
	Komplek Gunungapi	Tinggi ~ 250°C	Besar > 100 MW	G. Salak, G. Wayang Windu, G. Arjuno Welirang, dsb.
	Kaldera	Tinggi ~ 250°C	Besar > 100 MW	Kamojang, Darajat, Ulumbu, Sibayak, dsb.
Vulkano - Tektonik	(graben- kerucut vulkanik)	Sedang-tinggi 200 - 250°C	Sedang- Besar 50 - >100 MW	Sarula, Bonjol, Danau Rano, Sipahoton, dsb.
Non - Vulkanik	Intrusi	Rendah- sedang ~ 200°C	Kecil- sedang ~ 50 MW	Lapangan-lapangan di Sulsel, Sulteng, dan Sultra, P. Bumi



Gambar 4. Model sistem panas bumi dan fasilitas produksi Darajat, Kabupaten Garut. (CGI,1998). (Contoh tipe sistem panas bumi kaldera)



Gambar 5: Model tentatif sistem panas bumi Bonjol, Sumatera Barat (Badan Geologi, 2007)
(Contoh tipe sistem panas bumi vulkano-tekonik : graben-kerucut vulkanik)



Gambar 6 : Model tentatif panas bumi Wapsalit, Buru (Badan Geologi, 2007)
(Contoh tipe sistem panas bumi Non Vulkanik).

KESIMPULAN

Berdasarkan tatanan geologinya, sistem panas bumi di Indonesia dapat dikelompokkan menjadi beberapa tipe, misal : sistem tubuh gunung api strato, sistem kompleks gunung api, sistem kaldera, sistem graben - kerucut vulkanik, sistem panas bumi Non vulkanik.

Pengelompokan tipe sistem panas bumi ini dapat memberikan estimasi awal besarnya potensi energi yang terkandung dalam suatu daerah panas bumi, dan barangkali dapat digunakan sebagai pedoman awal dalam memilih lokasi-lokasi panas bumi untuk dilakukan penyelidikan selanjutnya bagi pemangku kepentingan

ACUAN

- Badan Beologi, 2008. Potensi Energi Panas Bumi Indonesia
- Ballard, R.D., 2000. Encyclopedia of Volcanoes, Academic Press, United State.
- Bodvarsson, G.S and Whitherspoon, P.A., 1989. Geothermal Reservoir Engineering Part 1, Journal of Geothermal Sci. & Tech., Volume 2(1) pp. 1-68.
- Bogie L, Lawless J.V, Rychagov S. And Belousov V. 2005. Magmatic-Related Hydrothermal Systems: Classification of the Types of Geothermal Systems and Their Ore Mineralization, World Geothermal Congress.
- Edwards, L.M. 1982, Handbook of Geothermal Energy, Gulf Publishing Company, Houston, United State.
- Henley, RW and Ellis, AJ, 1983. Geothermal systems, ancient and modern. Earth Science Reviews 19: 1-50
- Hochstein and Browne, 2000. Surface Manifestations of Geothermal System with Volcanic Heat Sources, in Encyclopedia of Volcanoes.
- Lawless, J.V., White, P.J., and Bogie, I., 1995. Tectonic features of Sumatra and New Zealand in relation to active and fossil hidrothermal systems: a comparison. Proceedings International Congress on Earth Science, Exploration and mining around Pacific Rim. *AIMM.*, p. 311-1316.
- Peraturan Pemerintah No. 59 tahun 2007 Tentang Kegiatan Usaha Panas Bumi
- Standar Nasional SNI 18-6009-1999. Klasifikasi Potensi Energi Panas Bumi di Indonesia, Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional SNI 13-6171-1999 Metode Estimasi Potensi Energi Panas Bumi, Badan Standarisasi Nasional.
- Tim BATM, 2003 , Kajian Penentuan Tarif Royalti Pengusahaan Sumberdaya Panas Bumi, Direktorat Pengusahaan Mineral dan Batubara, ESDM.
- Tim Survei Terpadu, 2007. Penyelidikan Terpadu Daerah Panas Bumi Wapsalit, Pulau Buru, Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi (Tidak dipublikasikan)
- Tim Survei Terpadu, 2007. Penyelidikan Terpadu Daerah Panas Bumi Bonjol, Sumatera Barat, Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi (Tidak dipublikasikan)
- Tim Survei Terpadu, 2005. Penyelidikan Terpadu Daerah Panas Bumi Jaboi, Aceh, Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi (Tidak dipublikasikan)
- Tim Pemboran Landaian Suhu, 2006. Pemboran Sumur Landaian Suhu Jaboi Daerah Panas Bumi Jaboi, Aceh, Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi (Tidak dipublikasikan)
- Undang-Undang No. 27 Tahun 2003 Tentang Panas Bumi
- Wohletz K. and Heiken G., 1992, Volcanology and Geothermal Energy, University of California Press Oxford, Los Angeles, England..

PERAN BATUAN TEROBOSAN KEGIATAN VULKANIK KUARTER DI DAERAH PANAS BUMI SAMPURAGA, MANDAILING NATAL, SUMATERA UTARA

Oleh:

Soetoyo

Penyelidik Bumi Madya

Kelompok Program Penelitian Panas Bumi,
Pusat Sumber Daya Geologi

SARI

Batuan vulkanik Kuartar di Daerah Panas Bumi Sampuraga terdiri dari dasit, Endapan Aliran Piroklastik dan Lahar Sorik Marapi. Satuan Dasit dijumpai di Bukit Kemuning, berupa batuan terobosan berjenis dasit yang berumur Kala Plistosen Awal. Satuan Endapan Aliran Piroklastik mengisi celah depresi Penyabungan dan mengikuti celah yang dibentuk jalur sesar diperkirakan berumur Plio-Plistosen. Pada proses akhir erupsi celah ini larutan sisa magma yang tidak tererupsikan keluar permukaan akan turun kembali ke dapur/ kantong2 magma dan sebagian lagi akan membeku pada celah2 penghantar larutan dibawah permukaan, sebagai batuan terobosan. Kedua batuan terobosan yang berumur muda ini dimungkinkan masih memiliki tubuh panas, sehingga berfungsi sebagai sumber panas dalam sistem panas bumi di daerah Sampuraga. Struktur sesar yang sangat dominan di daerah Sampuraga adalah sesar normal pembentuk graben. Sesar ini sebagai jalur lemah akan berfungsi sebagai media naiknya fluida panas ke permukaan, dan muncul sebagai manifestasi panas bumi.

ABSTRACT

The Quaternary volcanic rock in Sampuraga geothermal area consist of dacite, pyroclastic flow deposit and laharic deposit of Sorik Merapi Mountain. Early Pleistocene dacite rock unit found in Bukit Kemuning as an intrusion rock. The pyroclastic flow deposit filled Penyabungan depression, probably as Plio-Pleistocene deposit as the end of fissure eruption activity. At the end of activity the liquid magma deposit is not expose to the surface but made a magma pocket and part of them will dried at fissures, bring a liquid from underground as intrusion rock. Both of this younger intrusion rocks, probably as a function of hot sources in the system of Sampuraga geothermal area. The fault structures were dominated in Sampuraga geothermal area is normal fault as a graben originated. This faults is a weak zone as a media of hydrothermal liquid from reservoir to surface as surfaces manifestation.

PENDAHULUAN

Daerah Panas Bumi Sampuraga termasuk dalam wilayah Kabupaten Mandailing Natal, Propinsi Sumatera Utara, pada posisi geografis antara 99°29'7,15" - 99°30'44,24" BT dan 0°45'36" 0°52'39,39" LU, atau 552500 56500 mT dan 84000 97000 mU pada sistem koordinat UTM, zona 47 belahan bumi utara (Gambar 1)

Tektonik daerah ini berada di bagian barat sesar besar Sumatera yang memanjang dari utara hingga selatan Sumatera. Manifestasi panas bumi cukup menarik untuk diteliti secara lebih rinci, karena memiliki potensi panas bumi sumber daya spekulatif yang cukup besar yaitu sebesar 225 MWe.

Kondisi geologinya secara rinci, dapat diperoleh gambaran mengenai latar belakang pembentukan panas bumi di daerah ini terutama sumber panas yang memicu terbentuknya panas bumi.

GEOLOGI REGIONAL

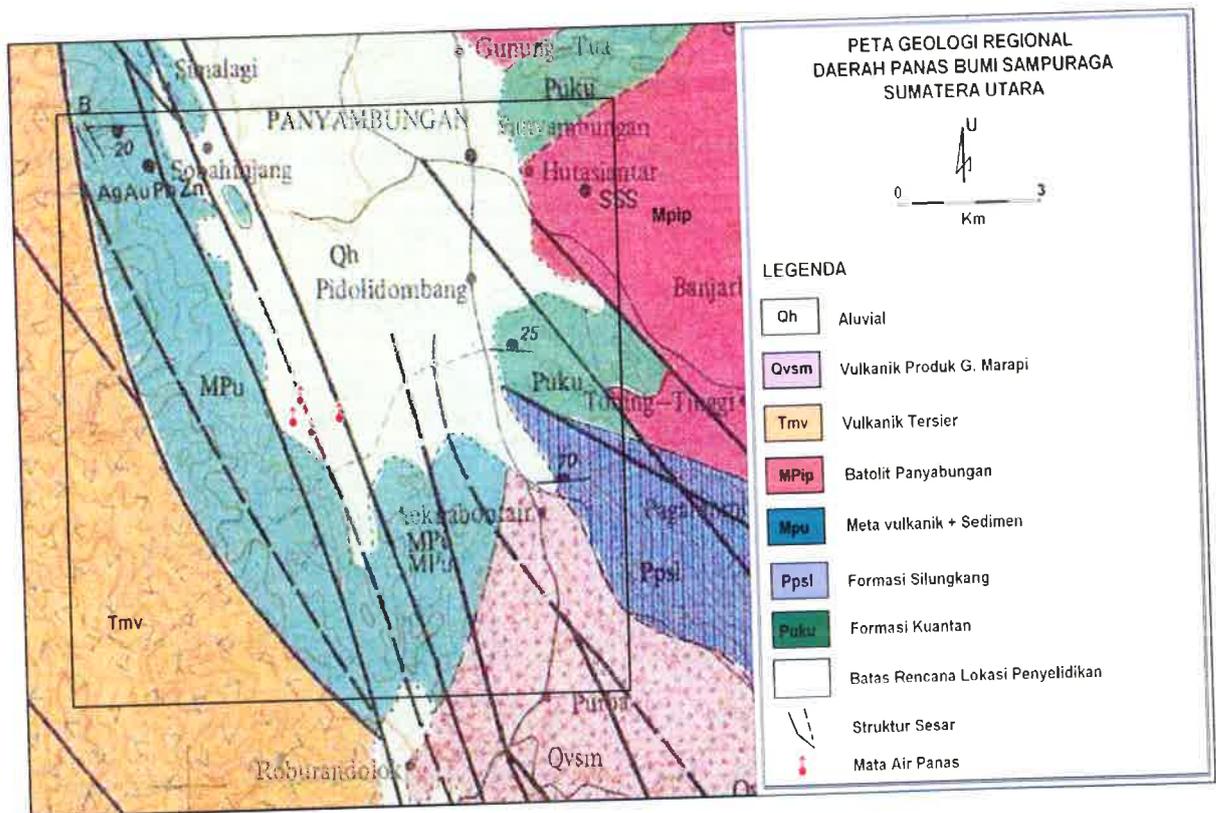
Pulau Sumatera merupakan bagian tepi baratdaya-selatan dari lempeng Benua Eurasia yang berinteraksi dengan lempeng Samudera Hindia-Australia yang bergerak ke arah utara-timurlaut. Gerakan tersebut telah menghasilkan bentuk-bentuk gabungan penunjaman (*subduction*) dan sesar mendatar dekstral.

Penunjaman yang terjadi pada masa Tersier sampai Resen di bawah Pulau Sumatera mengakibatkan terbentuknya jalur busur magma yaitu Pegunungan Bukit Barisan.

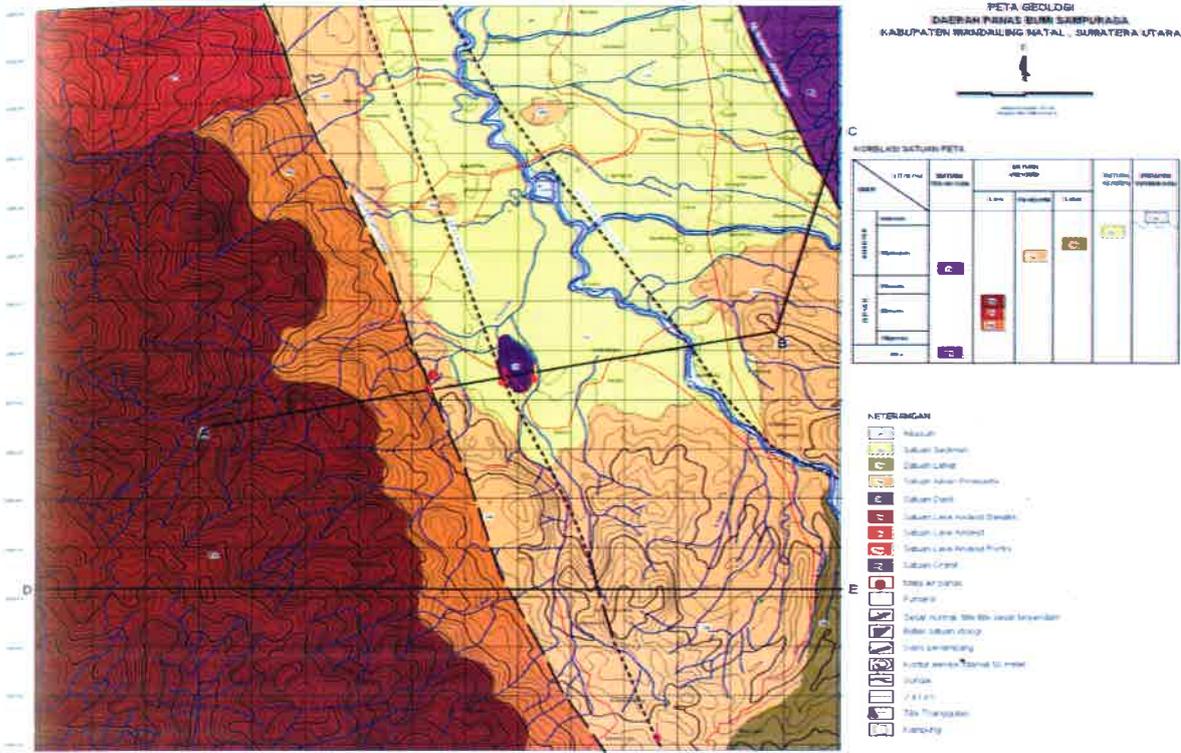
Busur magmatik dan cekungan belakang busur memotong hampir sepanjang Pulau Sumatera dari Sumatera Utara sampai ke Sumatera Selatan, adalah sesar mendatar dekstral (sesar transform) yang sejajar dengan tepian lempeng dan terpusat di sepanjang Sistem Sesar Sumatera, membentang sepanjang



Gambar 1. Lokasi Daerah Panas Bumi Sampuraga, Madina, Sumatera Utara



Gambar 2. Peta Geologi Regional Daerah Panas Bumi Sampuraga, Madina, Sumatera Utara (Tim Survei Terpadu, 2007)



Gambar 3. Peta Geologi Panas Bumi Daerah Sampuraga, Madina, Sumatera Utara (Tim Survei Terpadu, 2007)

Sumatera yang dikenal sebagai Sesar Semangko atau sesar besar Sumatera.

Sesar mendatar ini terbentuk sebagai akibat dari sifat interaksi lempeng Hindia-Australia dengan lempeng Mikro Sunda yang menyerong. Sesar ini mempunyai kedudukan tektonik yang penting karena dapat dianggap sebagai batas antara lempeng Mikro Sunda dengan lempeng Hindia-Australia di sebelah baratnya.

Secara regional geologi daerah ini terdiri dari batuan gunungapi, batuan terobosan, sedimen dan metasedimen yang berumur Paleozoik Kenozoik (Gambar. 2).

GEOMORFOLOGI

Geomorfologi daerah panas bumi Sampuraga dapat dikelompokkan menjadi tiga satuan geomorfologi yaitu: satuan perbukitan berlereng terjal, perbukitan bergelombang, dan satuan pedataran.

STRATIGRAFI

Stratigrafi daerah ini dikelompokkan ke dalam 9 satuan batuan, yang terdiri dari 1 satuan batuan sedimen, 5 satuan batuan vulkanik, 2 satuan batuan terobosan, dan 1 satuan endapan permukaan (Gambar. 3).

Sebagian dari batuan vulkanik tersebut diperkirakan berasal dari 3 titik erupsi yang berbeda, yaitu: Gunung Adian Gongona, Gunung Hombang dan Gunung Sorik Marapi.

Batuan sedimen terdiri dari endapan sedimen danau pengisi depresi, sedangkan endapan permukaan terdiri dari material lepas yang termasuk dalam satuan aluvium.

Urutan satuan batuan atau stratigrafi dari tua ke muda adalah Satuan Granit, Lava Andesit Porfiri, Lava Andesit, Lava Andesit Basaltis, Endapan Aliran Piroklastik, Lahar Sorikmarapi dan Endapan Aluvium. Satuan Granit merupakan batuan terobosan dari Batolit Panyabungan yang berumur Kapur bagian awal (*Early Cretaceous*), berdasarkan hasil pentarikan umur metode K-Ar, yaitu 121+1. Satuan Lava Andesit Porfiri ini berada di bagian tengah, merupakan satuan batuan vulkanik paling tua terdiri dari batuan beku andesit dan batusabak, merupakan anggota dari satuan batuan metagunungapi hornfels dan batusabak yang berumur Mesozoikum.

Satuan Aliran Lava Andesit Porfiri berumur Miosen Bawah terkena struktur Sesar Normal Longat. Hancuran batuan didominasi oleh bongkah batuan andesit dan batusabak.

Satuan Lava Andesit disusun oleh aliran lava andesitik. Satuan batuan ini terpotong oleh struktur Sesar Normal Longat yang berarah relatif utara-selatan. Satuan Aliran Lava Andesit ini diperkirakan berumur Miosen Tengah.

Satuan Lava Andesit Basaltis merupakan aliran lava berjenis andesit basaltis, Pusat erupsi diperkirakan berasal dari Gunung Adian Gongona di bagian barat. Satuan ini diperkirakan berumur Miosen Atas.

Satuan Dasit dijumpai di Bukit Kemuning, Desa Sirambas berupa batuan terobosan berjenis dasit. mengalami pelapukan dan hancuran yang menghasilkan pasir kasar berkomposisi dominan kuarsa.

Satuan Endapan Aliran Piroklastik tersebar mengisi celah depresi Panyabungan dan mengikuti celah yang dibentuk jalur sesar. Kondisi batuan umumnya relatif segar, sebagian masif dan setempat memperlihatkan perlapisan dengan kemiringan yang masih normal ($< 5^\circ$).

Satuan Lahar Sorikmarapi menempati bagian tenggara daerah panas bumi Sampuraga dan menempati lembah dari morfologi perbukitan bergelombang.

Endapan danau merupakan sedimen danau/depresi, terdiri dari batupasir dan lempung yang berselingan dengan kemiringan lapisan secara umum relatif datar ($< 5^\circ$). Batuan sedimen ini mengisi daerah-daerah rendah sebagai zona depresi di bagian tengah dan utara daerah panas bumi Sampuraga dan proses pengendapan (sedimentasinya) berlangsung pada Zaman Kuartar (Plistosen).

Endapan aluvial terdiri dari material lepas berupa lempung, pasir, bongkahan andesit, granit, dan batusabak. Proses pengendapan material-material tersebut masih berlangsung sampai sekarang.

STRUKTUR GEOLOGI

Struktur geologi secara regional terletak pada zona Sistem Sesar Sumatera (*Sumatera Fault System*) yang berarah baratlaut - tenggara, membentang mulai dari Pulau Weh, NAD sampai Teluk Semangko, Lampung.

Sistem Sesar Sumatera ini paling sedikit tersusun oleh 8 segmen sesar berarah orientasi baratlaut-tenggara dengan pergerakan yang mengangan (*dextral*). Pergerakan sesar ini masih aktif, sebagai akibat dari dorongan lempeng Samudera Hindia terhadap Lempeng Eurasia yang membentuk zona penunjaman di sepanjang pantai barat Pulau Sumatera.

Interaksi dari beberapa segmen tersebut mengakibatkan lahirnya beberapa zona yang mengalami kompresi dan regangan. Zona-zona kompresi mengalami pelipatan dan sesar naik, sedangkan zona regangan mengalami depresi dan sesar normal. Daerah panas bumi Sampuraga adalah salah satu daerah yang berada dalam zona depresi ini. Beberapa sesar normal ini menjadi media keluarnya magma ke permukaan dan membentuk gunung api seperti Gunung Sorik Marapi. Di Daerah Panas Bumi

Sampuraga terdapat lima struktur sesar, yaitu: Struktur sesar Longat, diperkirakan sesar normal yang memotong batuan vulkanik Lava Andesit Porfiri dan Andesit yang berumur Miosen. Sesar Panyabungan berupa sesar normal, yang diperkirakan membentuk sesar tangga (*step fault*) dengan Sesar Normal Longat berperan dalam pembentukan zona depresi Graben Panyabungan.

Sesar Sirambas sebagai sesar normal berarah baratlaut-tenggara berperan dalam pembentukan Graben Panyabungan dan pemunculan bukit-bukit memanjang dari tenggara ke baratlaut yang tersusun oleh Satuan Aliran Piroklastik hasil erupsi celah (*fissure eruption*). Sesar Batang Gadis adalah sesar normal dan merupakan bagian dari sesar pembentuk Graben Panyabungan.

MANIFESTASI PANAS BUMI

Manifestasi panas bumi terdiri dari mata air panas, sumur bor air panas, dan fumarol yang tersebar di tiga daerah, yaitu di Desa Sirambas, Longat, dan Desa Roburan Lombang.

Manifestasi panas bumi di Desa Sirambas terdiri dari satu fumarol (Sampuraga-1) dan tiga mata air panas (Sampuraga-2, Sampuraga-3, dan Sampuraga-4) dengan temperatur antara 97 s.d 102°C , pH 3,4 s.d 7,7.

Manifestasi Panas Bumi Longat terdiri dari satu mata air panas (Mata Air Panas Longat) dan satu sumur bor air panas. Temperatur air panas antara 42 s.d 49°C , pH antara 7,01 s.d 7,7, dan debit sebesar 0.5 s.d 3 L/detik.

SUMBER PANAS

Sumber panas (*heat source*) merupakan komponen utama dalam suatu sistem panas bumi. Terdapat beberapa kemungkinan bentuk geologi yang dapat berfungsi sebagai sumber panas. Dalam suatu sistem panas bumi, sumber panas dapat berupa sisa panas dari dapur magma yang berasosiasi dengan sisa kegiatan vulkanik muda dan sumber panas yang berupa tubuh batuan panas/intrusi muda. Secara geologi, sumber panas dalam sistem panas bumi Sampuraga adalah batuan panas/intrusi/ muda berkomposisi dasit yang terdapat di Bukit Kemuning di bawah permukaan lokasi Manifestasi Sampuraga dan sisa kegiatan vulkanik muda dari erupsi celah di beberapa tempat pada sesar pembentuk depresi Sampuraga. Batuan panas/intrusi muda/sisa kegiatan vulkanik muda tersebut dianggap masih memungkinkan untuk menyimpan sisa panas dari dapur magma dan memanasi sumber air di bawah permukaan, sehingga terbentuk sistem panas bumi di daerah Sampuraga (Gambar 4).

HASIL KEGIATAN VULKANIK KUARTER

Batuan vulkanik Kuarter di Daerah Panas Bumi Sampuraga terdiri dari dasit, Endapan Aliran Piroklastik dan Lahar Sorik Marapi.

Dasit

Satuan Dasit dijumpai di bagian tengah daerah telitian, tepatnya di Bukit Kemuning, Desa Sirambas. Satuan ini berupa batuan terobosan berjenis dasit. Batuan mempunyai kondisi masih segar, sangat keras, meskipun di bagian kaki bukit sebelah barat telah mengalami pelapukan dan hancuran yang menghasilkan pasir kasar berkomporsi dominan kuarsa. Pengamatan megaskopis, batu tersebut berwarna putih - abu-abu keputihan, dan bertekstur faneritik. Berdasarkan analisis petrografi, lava ini batumannya berjenis dasit diperkirakan sebagai batuan terobosan (intrusi) yang menerobos lava dari Satuan Aliran Lava Andesit Porfiri pada Kala Plistosen bagian awal.

Endapan Aliran Piroklastika

Satuan Endapan Aliran Piroklastik tersebar di bagian selatan dan tengah, mengisi celah depresi Panyabungan dan mengikuti celah yang dibentuk jalur sesar. Batuan umumnya relatif segar, sebagian masif dan setempat memperlihatkan perlapisan dengan kemiringan yang relatif masih normal (< 5°).

Satuan ini diperkirakan sebagai Endapan Aliran Piroklastik hasil erupsi celah (*fissure eruption*) sepanjang sesar-sesar berarah utara-selatan. Batumannya berkomporsi dominan dasitan berukuran pasir - bongkah, fragmen batuan andesitan dan batuapung (*pumice*) berukuran pasir - kerikil yang cukup padu. Satuan aliran piroklastik ini diperkirakan berumur Kuartar Bawah menutupi struktur sesar yang ada di daerah ini.

Pada proses akhir erupsi celah ini larutan sisa magma yang tidak tererupsikan keluar permukaan sebagai eflata lepas, akan turun kembali ke dapur/ kantong2 magma dan sebagian lagi akan membeku pada celah2 penghantar larutan dibawah permukaan, sebagai batuan terobosan. Celah2 yang dimaksud di lapangan panas bumi sampuraga adalah struktur sesar yang sangat dominan di daerah ini sebagai sesar normal pembentuk graben.

Lahar Sorikmarapi

Satuan Lahar Sorikmarapi dengan fragmen pembentuk berkomporsi andesit ini diperkirakan bersumber dari Gunung Sorik Marapi yang berada di bagian selatan. Satuan ini diperkirakan berumur Kuartar, sebanding dengan Satuan

Batuan Gunungapi Sorik Merapi. Posisi Gunung Sorik Marapi berada jauh di luar Daerah Panas Bumi Sampuraga, sehingga panas hasil kegiatan vulkanik ini dimungkinkan terlalu jauh untuk bisa mempengaruhi pembentukan sistem panas bumi di daerah Sampuraga.

PEMBAHASAN

Sumber panas (*heat source*) di Daerah Panas Bumi Sampuraga dimungkinkan berupa sisa panas dari dapur magma yang berasosiasi dengan sisa kegiatan vulkanik muda dan sumber panas yang berupa tubuh batuan panas/intrusi muda.

Ada 3 (tiga) satuan batuan vulkanik berumur Kuartar Bawah sampai Plistosen, tetapi hanya 2 (dua) satuan batuan vulkanik muda yang kegiatan/ sisa kegiatannya memungkinkan dapat mempengaruhi pembentukan Sistem Panas Bumi di Daerah Sampuraga.

Intrusi Dasit di Bukit Kemuning dimungkinkan sangat menunjang untuk di prediksi sebagai sumber panas di Daerah Panas Bumi Sampuraga, karena Dasit ini merupakan batuan intrusi yang mempunyai umur Plistosen, sehingga tubuh batuan ini masih dimungkinkan mempunyai kondisi panas dan memanasi sumber air di bawah permukaan, sehingga terbentuk sistem panas bumi di daerah Sampuraga.

Selain itu sisa kegiatan vulkanik di Daerah Panas Bumi Sampuraga dijumpai di beberapa tempat disepanjang sesar pembentuk depresi/ Sesar Semangko. Hasil kegiatan vulkanik ini berupa Endapan Aliran Piroklastik berkomporsi dominan dasitan yang berumur Kuartar Bawah/ Plio Plistosen. Satuan ini mengisi celah depresi Panyabungan dan mengikuti celah yang dibentuk oleh jalur sesar, sehingga titik erupsinya tidak nampak jelas. Sisa vulkanik kegiatan ini dimungkinkan masih mempunyai tubuh yang panas, dan memanasi sumber air di bawah permukaan, sehingga terbentuk sistem panas bumi di daerah Sampuraga.

Fluida panas yang telah terbentuk dalam reservoir berusaha menembus jalan keluar melalui celah-celah bidang lemah seperti sesar, dan keluar ke permukaan sebagai manivestasi panas bumi baik berupa mata air panas maupun fumarola.

Satuan Endapan Lahar yang diperkirakan bersumber dari Gunung Sorik Marapi berada di bagian selatan. Satuan ini diperkirakan berumur Kuartar, sebanding dengan Satuan Batuan Gunungapi Sorik Merapi. Posisi Gunungapi Sorik Marapi berada jauh di luar Daerah Panas Bumi Sampuraga, sehingga panas hasil kegiatan vulkanik ini dimungkinkan terlalu jauh untuk bisa mempengaruhi pembentukan sistem panas bumi di daerah Sampuraga.

KESIMPULAN

- Ada 2 (dua) batuan vulkani/sisa kegiatan vulkanik di Daerah Panas Bumi Sampuraga, yaitu tubuh intrusi Dasit di Bukit Kemuning dan tubuh sisa kegiatan vulkanik hasil erupsi celah.
- Kedua batuan hasil kegiatan vulkanik Kwartir tersebut berperan sebagai sumber panas dalam pembentukan sistem panas bumi Sampuraga.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada seluruh dewan redaksi yang telah memberikan kesempatan makalah ini untuk dimuat dalam buletin yang kita cintai ini. Kepada editor yang telah mengoreksi, memberikan saran dan diskusi dalam penyusunan makalah ini. Terima kasih juga disampaikan kepada Tim Survei Terpadu Daerah Panas Bumi Sampuraga, atas kerja samanya dalam penulisan makalah ini.

ACUAN

- Akbar, N., 1972. Inventarisasi dan penyelidikan pendahuluan gejala panas bumi di daerah Sumatra Barat, bagian Proyek Survei Energi Geothermal, Dinas Vulkanologi, Direktorat Geologi, Bandung.
- Bemmelen, van R.W., 1949. *The Geology of Indonesia*. Vol. IA. The Hague. Netherlands.
- Distamben Kabupaten Pasaman, 2006. Potensi Energi Panas Bumi (Geothermal) Kabupaten Pasaman, Sumatera Barat.
- Kastowo, Gerhard W. Leo, dkk. 1996. Peta Geologi Lembar Padang, Sumatera Barat, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Rock, N.M.S., dkk. 1983. Peta Geologi Lembar Lubuk Sikaping, Sumatera, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Tim Survei Terpadu, 2007, Laporan Survei Terpadu Geologi, Geokimia dan Geofisika Daerah Panas Bumi Sampuraga, Sumatra Utara, Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.

**LINGKUNGAN PENGENDAPAN SEDIMEN
DI PERAIRAN GRESIK, JAWA TIMUR,
BERDASARKAN ANALISIS MIKROFAUNA
DARI CONTOH PEMBORAN INTI**

Oleh:

I Wayan Lugra

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan

SARI

Berdasarkan hasil analisis mikrofauna dapat diketahui bahwa urutan lingkungan pengendapan daerah penelitian adalah sebagai berikut : dari kedalaman 40 - 28 meter, adalah lagun pantai, dari 23,50 - 23 meter adalah neritik dalam, kedalaman antara 19,50 - 19 meter, lingkungan pengendapannya antara neritik dalam-neritik tengah, kedalaman antara 16 - 8,50 meter, adalah lingkungan neritik dalam, sedangkan sampai kedalaman 0,5 meter (-50 cm) adalah lingkungan lagun pantai.

Endapan Holosen yang dapat dikenali pada BH-01 dan BH-02 adalah mulai dari permukaan dasar laut sampai dengan kedalaman 15 meter yang diendapkan pada lingkungan Neritik dalam. Sedangkan dari kedalaman 15 meter ke bawah adalah merupakan endapan yang berumur Plistosen yang diendapkan pada lingkungan Neritik dalam tengah dan lagun pantai.

Model siklus pengendapan yang terjadi di daerah penelitian adalah dari pantai lagun pada jaman Plistosen kemudian terjadi transgresi (genang laut) pada akhir Plistosen yang mengendapkan sedimen berlingkungan neritik, kemudian regresi (susut laut) pada awal Holosen sehingga diendapkan sedimen yang berlingkungan pantai lagun kemudian terjadi transgresi sehingga merendam endapan pantai lagun sekarang.

Kata kunci : perairan Gresik, pemboran inti dan mikrofauna

ABSTRACT

Based on the microfauna analyses the series of sedimentation environment in the surveyed area can be defined as follows : depth from 40.00 to 28 meters is beach lagoon, from 23.50 to 23.00 meters is inner neritic, from 19.50 to 19.00 meters is inner neritic to middle neritic, from 16.00 to 8.50 meters depth is inner neritic, while depth up to 0.50 meters is beach lagoon environment.

Holocene deposits which can be recognized in BH-01 and BH-02 start from surface sea floor up to 15.00 meters depth which is deposited in the inner neritic environment. While from 15.00 meter depth down to the bottom of the bore hole is Plistocene which is deposited in middle neritic to beach lagoon.

The deposition cyclus model for the survey area ranges from beach lagoon on Plistocene Period, afterwards transgression event on the end of Plistocene Periode deposited sediement in neritic environmental, futher regression event on early Holocene so that deposited sediment in beach lagoon environmental, afterward trangression event so that, to put in soak the recent beach lagoon.

Keywords : Gresik waters, drill core and microfauna

PENDAHULUAN

Lokasi penelitian adalah bagian dari delta Bengawan Solo, sehingga merupakan daerah progradasi (cut and fill), yang terus berkembang. Perkembangan delta Bengawan Solo yang terekam sejak 1843 menunjukkan perkembangan yang sangat progresif. Melihat perkembangan delta Bengawan Solo, muara dari sungai tersebut dulunya menuju ke selat Madura, namun pada zaman penjajahan Belanda tahun 1917 muara Bengawan Solo dibelokkan arahnya menuju Laut Jawa agar tidak memasok sedimen ke Selat Madura yang merupakan jalur pelayaran yang sangat penting.

Mengacu kepada Peta Geologi Lembar Surabaya & Sapulu (Sukardi, 1992) di daerah penelitian terdapat Formasi Pucangan yang diendapkan pada Zaman Plistosen. Formasi

tersebut pada bagian atas tersusun oleh batupasir tufaan berlapis baik, umumnya berstruktur silang siur.

Sedangkan bagian bawahnya tersusun oleh batupasir tufaan berlapis baik, berselingan dengan batulempung dan sangat kaya akan fosil cangkang moluska dan plangton.

Sebaran formasi ini di darat cukup luas mulai dari Waduk Sumengka menyebar ke arah utara sampai Ujung Pangkah.

Melihat sebaran formasi tersebut sangatlah menarik untuk diteliti lebih lanjut masalah lingkungan pengendapan sedimen di lautnya, sehingga dapat dikaitkan dengan sumberdaya mineral maupun energi, mengingat di daratnya telah ditemukan sumberdaya gas.

Secara geografis daerah penelitian di batasi

koordinat 112° 20" 112° 50' BT dan 06° 45' - 07° 15' LS seluas lebih kurang 200 km² termasuk kedalam wilayah administratif Kecamatan Ujung Pangkah, dan Sidayu, Kabupaten Gresik Jawa Timur.

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui secara lebih rinci lingkungan pengendapan sedimen di Perairan Gresik berdasarkan hasil analisis mikrofauna yang akan dikaitkan dengan energi gas dangkal biogenik.

METODA PENELITIAN

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah pemboran inti di 2 lokasi dan analisis mikrofauna dari hasil pemboran.

Sedangkan posisi ditentukan dengan menggunakan peralatan GPS (Global Positioning Sistem) Garmin 210.

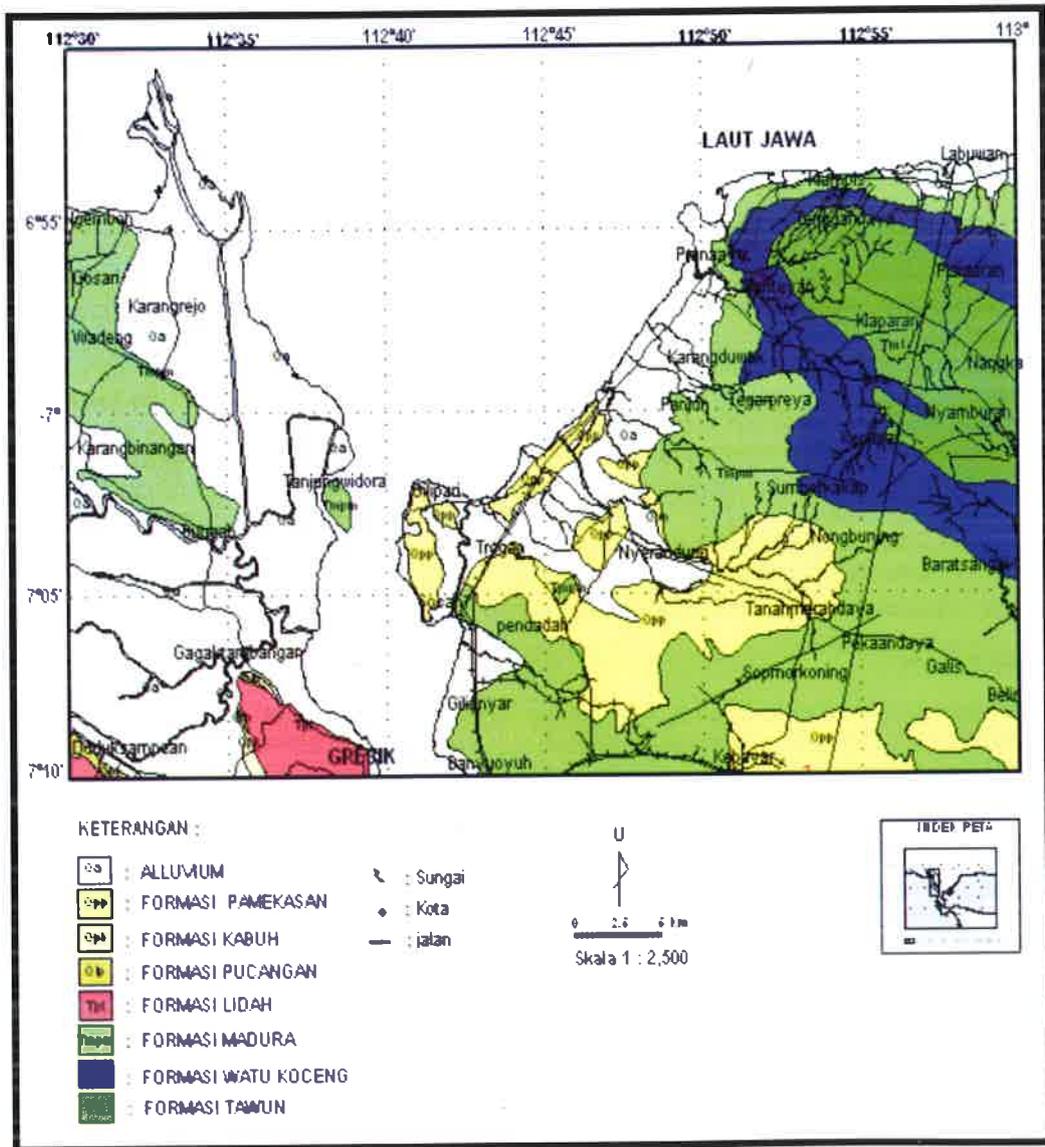
Pemboran inti dimaksudkan untuk mendapatkan penampang geologi secara vertikal sampai kedalaman tertentu melalui hasil analisa laboratorium contoh inti yang diperoleh dari hasil pemboran.

Analisis laboratorium yang dilakukan adalah analisis mikrofauna untuk mengetahui lingkungan pengendapan yang akan dikaitkan dengan geologi bawah permukaan daerah penelitian dan analisis besar butir.

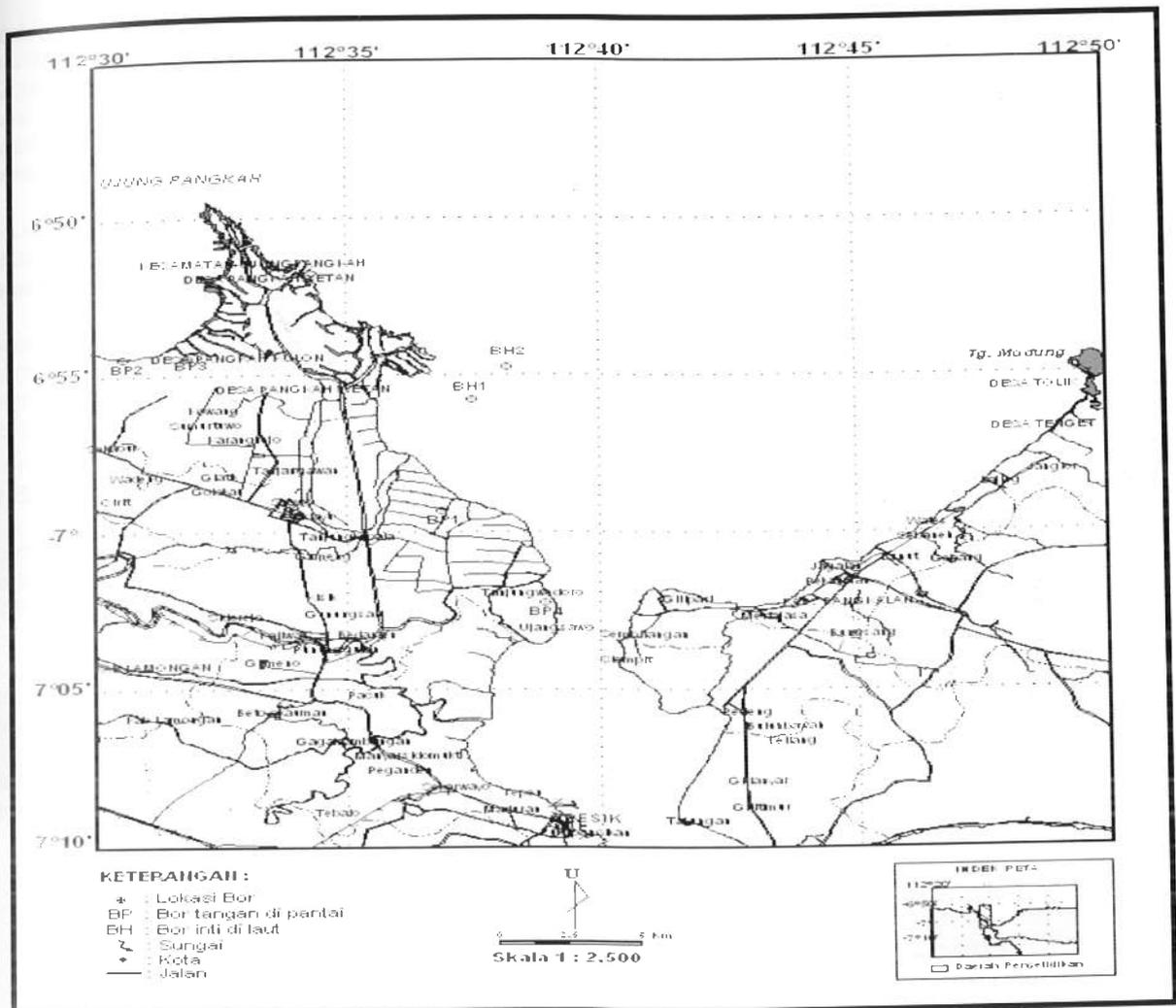
Geologi Regional

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Surabaya dan Sapulu, Jawa (Sukardi, 1992), geologi daerah penelitian yang terdiri dari (Gambar 1):

1. Endapan Aluvium yang tersusun oleh krakal, krikil, pasir, lempung dan setempat pecahan cangkang fosil. Endapan ini mendominasi



Gambar 1. Peta geologi regional daerah penelitian (Sukardi, dr., 1992)



Gambar 2. Peta lokasi pemboran inti di lepas pantai

daerah penelitian mulai dari Ujung Pangkah sampai Bengawan Solo Lawas di Pulau Jawa, sedangkan di Pulau Madura hanya tersingkap di Muara Sungai Bangkalan.

2. Formasi Pamekasan yang tersusun oleh batupasir coklat kemerahan, bercak-bercak kelabu, lunak, berbutir kasar, batu lempung kelabu, mengandung pecahan cangkang moluska, konglomerat, komponen utama batugamping, terpilah buruk dan lunak. Formasi ini menempati pesisir barat Pulau Madura. Formasi ini diperkirakan terbentuk pada Zaman Plistosen.
3. Formasi Madura yang tersusun oleh batu gamping terumbu, putih, pejal berongga halus setempat berlapis buruk, mengandung foram besar dan pecahan ganggang di bagian atas. Sedangkan di bagian bawah batugamping kapuran, sangat ringan dan agak keras, kekuningan, pejal, setempat berlapis buruk, mengandung moluska, foram besar dan pecahan ganggang. Formasi ini tersingkap di sebelah timur Bengawan Solo Lawas, sebelah

barat Banyurip, Wadeng, Karang Binangan, Nangko dan Bungah. Formasi ini diperkirakan terbentuk mulai dari Miosen Akhir sampai Pliosen.

4. Formasi Watu Koceng terdiri dari bagian atas selang seling napal pasiran dengan batu gamping, sedangkan bagian bawah batu pasir kuarsa bersisipan batugamping orbitoid dan batu pasir berlapis tipis, setempat setempat batugamping kalkarenit.

Formasi ini tersingkap di puncak antiklin Bungah di Desa Bungah dan diperkirakan terbentuk pada Zaman Miosen Tengah.

Struktur dan Tektonika

Struktur yang berkembang di daerah penelitian adalah struktur antiklin Bungah yang berarah hampir timur-barat dengan sayap antiklin kearah utara yaitu Ujung Pangkah. Kenampakan penampang geologi darat, struktur ini mengangkat dan memunculkan Formasi Watu Koceng dan Formasi Madura yang tersingkap di



Gambar 3. Penampang bor BH-01

desa Nangko, Kecamatan Bungah dan memotong lapisan di atasnya yang berumur lebih muda (Bemmelen, R.W., 1949). Diperkirakan struktur antiklin ini terbentuk pada Zaman Piosen sampai Plistosen dan bila dikaitkan dengan tektonik regional kemungkinan antiklin tersebut terjadi pada periode tektonik Pliosien Plistosen. Hal ini dicirikan oleh adanya struktur antiklin yang mengangkat Formasi Madura yang terbentuk pada Miosen Akhir Pliosien Awal, serta mengangkat Formasi Pucangan yang diendapkan pada waktu Plistosen.

Hasil interpretasi seismik pantul dangkal saluran tunggal menunjukkan pola sebaran sediment mengandung gas (gas charge sediment) mencakup wilayah yang cukup luas samapai kedalaman laut sekitar 14 meter (Lugra I W., drr, 2002).

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pemboran Inti

Pemboran inti dilakukan di 2 lokasi yaitu BH-01 dengan kedalaman 40 meter dan BH-2 dengan kedalaman 22 meter (gambar 2)

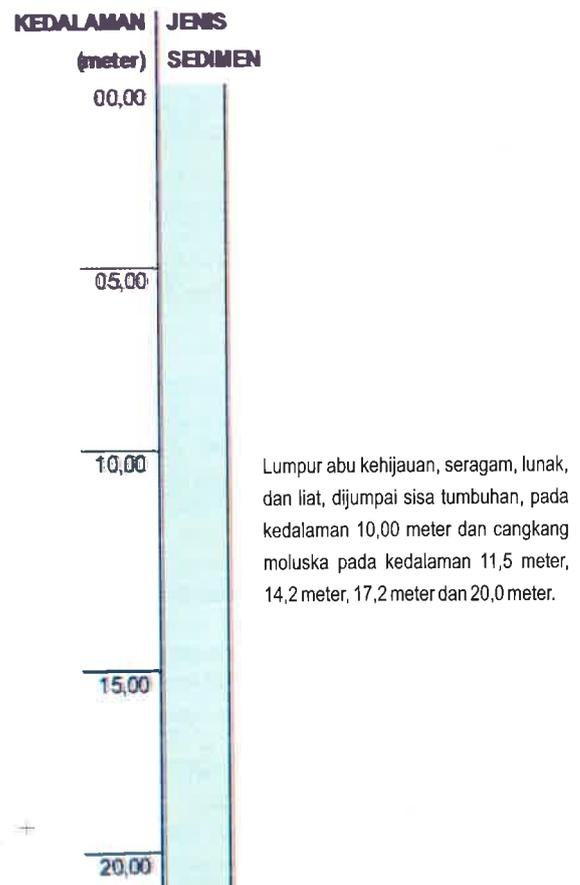
Hasil deskripsi megaskopis BH-1 adalah sebagai berikut (Gambar 3) :

1. Kedalaman 0,00 - 23,70 meter menunjukkan jenis litologi yang seragam berupa lempung berwarna abu-abu kehijauan, lunak dan liat. Di kedalaman 0,70 meter dijumpai sisa tumbuhan (wood fossil), sedangkan cangkang moluska dijumpai pada kedalaman 7,50 meter, 16,45 meter, dan 19,40 meter.
2. Kedalaman 23,70 - 29,25 meter lempung keras berwarna abu-abu kekuningan, pada kedalaman 28,60 - 28,70 meter dijumpai fragmen koral.
3. Kedalaman 29,25 - 32,00 meter, lempung kecoklatan, keras, dijumpai sisa tumbuhan pada kedalaman 30,85 meter dan fragmen batuan pada kedalaman 31,50 meter bercampur dengan batu gamping.

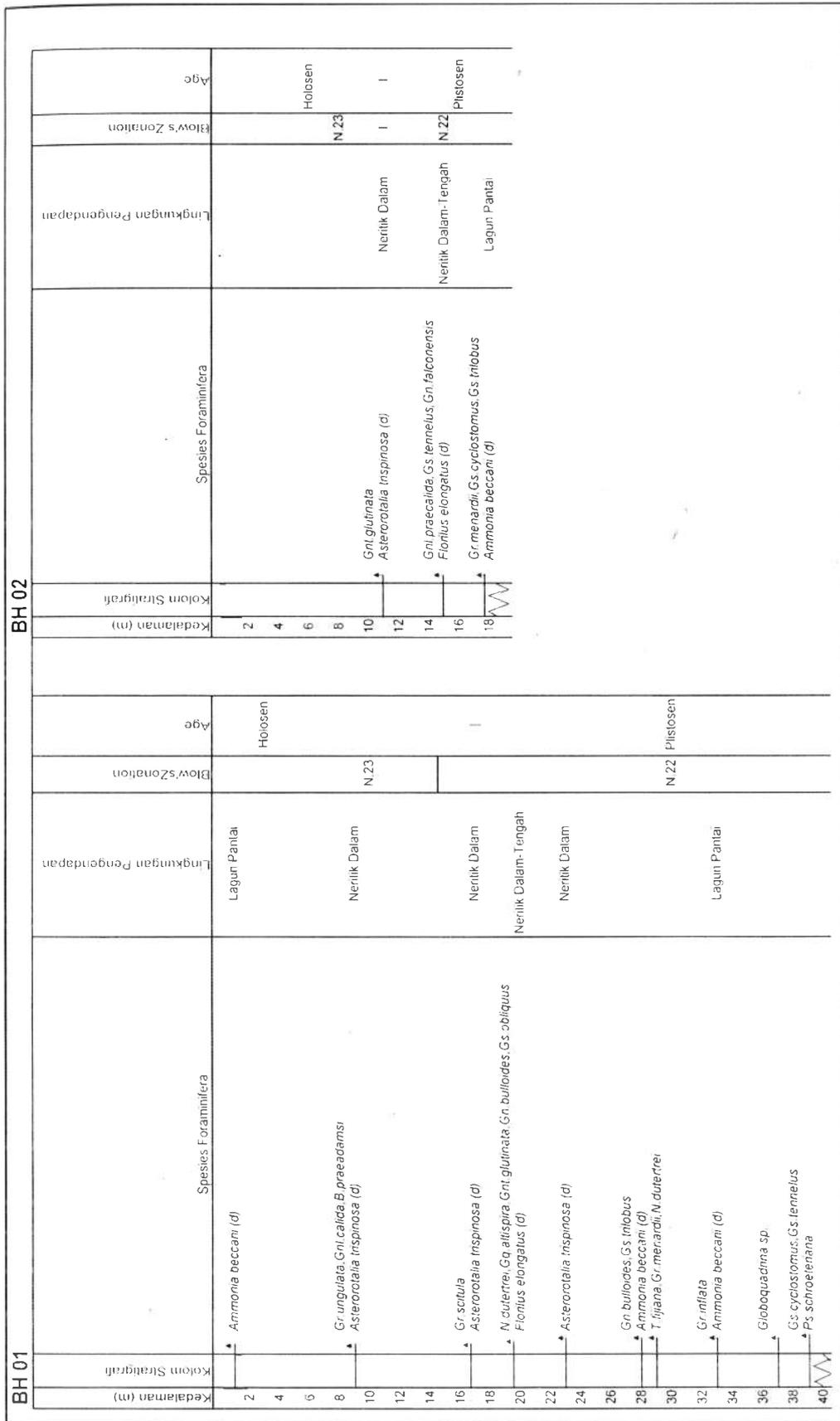
Sedangkan hasil analisis besar butir untuk BH-01 adalah sebagai berikut :

Kedalaman 00.00 - 26.00 meter adalah lanau, 26.00 - 27.00 meter adalah lumpur sedikit krikilan, 27.00 - 27.50 meter adalah lanau, 27.50 - 28.00 meter adalah lumpur, pasir sedikit krikilan, 28.00 - 28.50 meter adalah lumpur sedikit krikilan, 28.50 - 29.00 meter adalah lumpur krikilan, dan kedalaman 29.00 - 40.00 meter adalah lanau

Hasil analisis megaskopis BH 02 adalah lumpur abu kehijauan, seragam, lunak, dan liat,



Gambar 4. Penampang bor BH-2



Gambar 5. Penampang stratigrafi berdasarkan hasil analisa mikrofauna

dijumpai sisa tumbuhan, pada kedalaman 10,00 meter dan cangkang mo-luska pada kedalaman 11,5 meter, 14,2 meter, 17,2 meter dan 20,0 meter (Gambar 4). Sedangkan hasil analisis besar butir contoh inti di BH-02 adalah dari permukaan dasar laut sampai kedalaman 20,00 meter adalah lanau.

Hasil deskripsi Penampang vertikal BH-2

Hasil deskripsi secara megaskopis untuk BH-2 dengan kedalaman sampai 20 meter menunjukkan jenis litologi yang sama dengan BH-1, seperti terlihat pada gambar 4. Hal ini tentunya tidak mengherankan karena jarak BH-1 dengan BH-2 hanya sekitar 3 km dan terletak pada kedalaman yang sama.

Hasil analisis besar butir BH-2 menunjukkan bahwa jenis sedimen lanau tertinggi sebesar 99,8 % dijumpai pada kedalaman 19,00 - 19,50 meter, sedangkan yang terendah sebesar 84,2 % pada kedalaman 2,50 - 3,00 meter. Sedangkan jenis sedimen lempung tertinggi adalah 15,2% pada kedalaman 2,50 - 3,00 meter dan jenis sedimen pasir sebesar 4,1 % pada kedalaman 2,00 - 2,50 meter.

Analisis Mikrofauna

Sebanyak 24 contoh sedimen dari daerah penelitian telah dianalisis. Sepuluh contoh di antaranya dari hasil pemboran di laut BH 01, dan 14 contoh dari lokasi BH 02.

Tabel 1.
Kandungan Formanifera dari penampang bor inti BH 1

No.	Kedalaman penampang bor (m)	5,00-10,00	8,50-9,00	16,00-16,50	19,00-19,50	23,00-23,50	28,50-29,00	29,00-29,50	33,00-33,50	37,00-37,50	39,00-39,50	
		Spesies										
Foraminifera Bentos												
1	Ammonia annectens			u	js		js					
2	Ammonia beccarii	d		bs	u	u	d	js	d			
3	Amphistegina lessonii			js								
4	Anomalina sp.	js										
5	Asterorotalia trispinosa		d	d		d	u				js	
6	Bolivina punctata			js		j	js					
7	Bolivina sp.			js	js				js			
8	Cellanthus discoidalis						js					
9	Cibicides lobatulus			js		js						
10	Criboloinoides curta			u								
11	Cribronion sp.								js			
12	Elphidium advenum	js	u	u	u							
13	Elphidium macellum		js			j					js	
14	Elphidium spp.		js		u		u					
15	Eponides cribreopandus			js								
16	Fissurina sp.			js	js							
17	Florilus elongatus		u	u	d	b	j	js				
18	Gavelinopsis sp.						js					
19	Lagena sp.						js					
20	Planulina wuellerstorfi						js					
21	Pseudorotalia schroeteriana		u	u	j	bs	u				js	
22	Quinqueloculina biscotoides			js		u						
23	Quinqueloculina lamarckiana			js								
24	Quinqueloculina oblonga				j	js						
25	Quinqueloculina pseudoreticulata			js								
26	Quinqueloculina reticulata			js		u						
27	Quinqueloculina seminulina	u		b	u	b	u					
28	Quinqueloculina spp.		js	j		j	js					
29	Reusella simplex			js			js					
30	Rotalia sp.		js	u	j		j					
31	Eponides sp.											
32	Spiroloculina depressa				j	u						
33	Textularia spp.	js		j	j	u						
34	Triloculina tricarinata						js					
35	Triloculina spp.			j	u	u						

Lanjutan Tabel 1

No.	Kedalaman penampang bor (m)	5,00- 10,00	8,50-9,00	16,00-16,50	19,00-19,50	23,00-23,50	28,50-29,00	29,00-29,50	33,00-33,50	37,00-37,50	39,00-39,50
		Spesies									
Foraminifera Plangton											
1	Bolliella praeadamasi		js								
2	Globigerina bulloides	d	bs	b	bs		js				
3	Globigerina falconensis		js								
4	Globigerinella calida		js								
5	Globigerinita glutinata	js	js	js	js						
6	Globigerinoides cyclostomus		j								js
7	Globigerinoides extremuus			js							
8	Globigerinoides obliquus		j	js	js						
9	Globigerinoides ruber		u	js							
10	Globigerinoides tennelus		j	js							js
11	Globigerinoides trilobus		b				u				
12	Globoquadrina altispira		js		js					js	
13	Globorotalia inflata								js		
14	Globorotalia menardii		js					js			
15	Globorotalia scitula			js							
16	Globorotalia unguolata	js	js								
17	Hastigerina praesiphonifera										js
18	Neogloboquadrina dutertrei		u	j	js			js		js	
19	Turborotalia fijiana							js			

Keterangan:
d (dominan) - > 100 spesimen
bs (banyak sekali) - 51-100 sp
b (banyak) - 26-50 sp
u (umum) - 11-25 sp
j (jarang) - 5 - 10 sp
js (jarang sekali) - < 5

Pada umumnya, sebagian sedimen di daerah telitian banyak mengandung foraminifera bentos dan plangton. Disamping itu, banyak juga ditemukan fosil moluska dari jenis gastropoda dan brachyopoda (Gambar 5)

Mikrofauna dari contoh bor inti BH-1.

Hasil analisis mikrofauna dari contoh inti bor BH-01 seperti terlihat pada Tabel 1, menunjukkan bahwa foraminifera bentos maupun plangton yang dijumpai di bagian paling bawah sampai dengan kedalaman 37 meter, jarang sekali.

Pada kedalaman 33 - 33,50 meter, mikrofauna didominasi oleh Ammonia beccarii, sedangkan spesies yang lainnya masih jarang. Spesies ini pada kedalaman 29 - 29,50 meter jarang sekali, tetapi kemudian mendominasi lagi pada kedalaman antara 28,50 - 29 meter. Pada kedalaman ini, spesies lainnya lebih bervariasi dari pada di bagian bawahnya, seperti halnya Asterorotalia trispinosa, Elphidium spp., Pseudorotalia schroeteriana, Quinqueloculina seminulina yang jumlahnya umum. Spesies lainnya seperti Florilus elongatus,

Cellanthus, Triloculina tricarinata, jumlahnya jarang sekali (1-5%)

Pada kedalaman 23 - 23,50 meter, spesies Asterorotalia trispinosa menjadi dominan. Spesies ini berasosiasi dengan spesies Pseudorotalia schroeteriana, yang jumlahnya banyak sekali (31 - 50%), dan Ammonia beccarii, Quinqueloculina biscotoides, Q. reticulata, Spiroloculina spp. Textularia spp., dan Triloculina spp yang jumlahnya umum (51 - 75%)

Pada kedalaman 19 - 19,50 meter, Florilus elongatus mendominasi sedimen. Spesies lainnya seperti Ammonia beccarii, Elphidium spp., Quinqueloculina seminulina dan Triloculina spp, jumlahnya umum. Di sini Globigerina bulloides, jumlahnya banyak sekali (31 - 50%).

Pada kedalaman antara 16 meter ke atas (8,50 meter), Asterorotalia trispinosa dominant (>75%) lagi, berasosiasi dengan Elphidium advenum, Florilus elongatus dan Pseudorotalia schroeteriana yang jumlahnya umum (51 - 75%).

Tabel 2.
Kandungan Foraminifera dari penampang bor inti BH2

No.	Kedalaman penampang bor (m)	10,00-10,50	11,00-11,50	14,00-14,50	17,00-17,50
		Spesies			
Foraminifera Bentos					
1	<i>Ammonia annectens</i>		sj	j	j
2	<i>Ammonia beccarii</i>	bs	b	b	d
3	<i>Asterorotalia trispinosa</i>	bs	d	b	b
4	<i>Bolivina punctata</i>	js			
5	<i>Bolivina sp.</i>			js	js
6	<i>Brizalina sp.</i>	js			
7	<i>Cellanthus craticulatus</i>			sj	
8	<i>Cibicides lobatulus</i>	js			
9	<i>Cribrononion oceanicus</i>		js	u	u
10	<i>Cribrononion sp.</i>	js			
11	<i>Elphidium advenum</i>	js	js	b	b
12	<i>Elphidium macellum</i>	js	js		u
13	<i>Elphidium spp.</i>				u
14	<i>Fissurina sp.</i>	js			js
15	<i>Florilus elongatus</i>	d	js	d	u
16	<i>Florilus incicus</i>	js		u	j
17	<i>Nodosaria sp</i>	js			
18	<i>Peneroplis pertenuis</i>				j
19	<i>Pseudorotalia indopacifica</i>			js	
20	<i>Pseudorotalia schroeteriana</i>	js	js	b	u
21	<i>Quinqueloculina oblonga</i>	js			j
22	<i>Quinqueloculina seminulina</i>	u		b	u
23	<i>Quinqueloculina spp.</i>	js			js
24	<i>Textularia spp.</i>	js		u	j
25	<i>Triloculina tricarinata</i>	js		u	
26	<i>Triloculina trigonula</i>			u	
27	<i>Triloculina spp.</i>				u
Foraminifera Plangton					
1	<i>Globigerina bulloides</i>	bs		bs	b
2	<i>Globigerina falconensis</i>			sj	
3	<i>Globigerinella praecalida</i>			sj	
4	<i>Globigerinita glutinata</i>	bs	js		
5	<i>Globigerinoides bulloideus</i>	u			
6	<i>Globigerinoides cyclostomus</i>	js			j
7	<i>Globigerinoides elongatus</i>	js			
8	<i>Globigerinoides obliquus</i>			sj	
9	<i>Globigerinoides tennelus</i>	js		sj	
10	<i>Globigerinoides trilobus</i>	b		u	b
11	<i>Globoquadrina altispira</i>	js			
12	<i>Globorotalia menardii</i>				js
13	<i>Globorotalia plesiotumida</i>	js			
14	<i>Globorotalia pseudomiocenica</i>	js			
15	<i>Globorotalia ungulata</i>	js			
16	<i>Neogloboquadrina dutertrei</i>	js			

Pada kedalaman antara 50 cm - 1 meter, mikrofauna didominasi (>75%) lagi oleh *Ammonia beccarii*, berasosiasi dengan *Quinqueloculina seminulina* yang jumlahnya umum, sedangkan spesies lainnya jarang sekali (1 - 5%).

Foraminifera plangton mulai dari bagian bawah sampai pada kedalaman 23 meter, keberadaannya jarang sekali, bahkan di beberapa lokasi tidak ada. Tetapi, mulai kedalaman 19,50 meter, terutama *Globigerina bulloides*, jumlahnya banyak (16-30%), dan ada juga yang banyak sekali (31 - 50%).

Analisis mikrofauna dari contoh inti bor BH - 2.

Seperti terlihat pada tabel 2 menunjukkan bahwa, di bagian paling bawah (kedalaman 1717,50 m), sedimennya didominasi (>75%) oleh *Ammonia beccarii*.

Spesies ini berasosiasi dengan *Asterorotalia trispinosa*, *Elphidium advenum*, dan foraminifera plangton *Globigerina bulloides* dan *Globigerina noides trilobus* yang jumlahnya banyak.

Pada kedalaman 14-14,50 meter, *Florilus elongatus* mendominasi sedimen. Spesies lainnya seperti dengan *Asterorotalia trispinosa*, *Ammonia beccarii*, *Elphidium advenum*, *Pseudorotalia schroeteriana* dan *Quinqueloculina seminulina* jumlahnya banyak. Spesies yang jumlahnya umum antara lain *Cribronion oceanicus*, *Florilus incicus*, *Textularia spp.* dan *Triloculina spp.*

Pada kedalaman 11 - 11,50 meter, *Asterorotalia trispinosa* merupakan spesies yang dominan (>75%), bersamaan dengan *Ammonia beccarii* yang jumlahnya banyak (31 - 50%), sedangkan spesies lainnya seperti *Cribronion oceanicus*, *Elphidium advenum*, *E. macellum*, *Florilus incicus*, dan *Pseudorotalia schroeteriana* jumlahnya jarang sekali, begitu pula *Globigerina glutinata* (foraminifera plangton).

Pada kedalaman antara 11 - 11,50 meter, sedimennya didominasi lagi oleh *Florilus elongatus* yang berasosiasi antara lain dengan *Asterorotalia trispinosa*, *Ammonia beccarii* yang jumlahnya banyak sekali, demikian pula *Globigerina bulloides* dan *Globigerina glutinata* (foraminifera plangton). Spesies yang jarang antara lain terdiri atas *Cibicides*, *Quinqueloculina oblonga*, *Triloculina tricarinata* dan lain-lainnya (Tabel 1). Pada kedalaman ini, spesiesnya lebih bervariasi dari pada di bagian bawahnya,

Berdasarkan hasil analisis mikrofauna seperti yang diuraikan di atas, maka daerah telitian yang contoh sedimennya diambil dari lepas pantai yaitu BH-01 dan BH-02, dapat dibuat penampang stratigrafi seperti terlihat pada Gambar 5. Penampang stratigrafi tersebut dibuat berdasarkan kandungan foraminifera yang disusun dari Tabel 1 dan 2, terlihat adanya kecenderungan perubahan lingkungan pengendapan.

Pada sedimen di lokasi BH 01, mulai dari bagian bawah sampai dengan kedalaman 28 meter, berdasarkan dominasi dari spesies *Ammonia beccarii*, maka lingkungan pengendapannya adalah lagun pantai/Coastal Lagoon (Yassini & Jones, 1995).

Ke arah atas (23 - 23,50 meter), sedimen didominasi oleh *Asterorotalia trispinosa* yang berasosiasi dengan *Pseudorotalia schroeteriana*, yang jumlahnya banyak sekali. Hal ini menandakan lingkungan pengendapan yang masih dekat pantai (neritik dalam/inner neritic).

Pada kedalaman 19 - 19,50 meter, *Florilus elongatus* mendominasi sedimen. berasosiasi dengan *Globigerina bulloides*, yang jumlahnya banyak sekali. Spesies ini menurut Troelstra dr (1989) merupakan spesies yang banyak dijumpai pada musim upwelling (keadaan pada waktu arus bawah laut yang dingin dan berat, naik ke arah permukaan yang bergerak sepanjang pantai). Berdasarkan asosiasi tersebut, diperkirakan lingkungan pengendapannya antara neritik dalam/neritik tengah/middle neritic.

Pada kedalaman antara 16 - 8,50 meter, *Asterorotalia trispinosa* dominan lagi, berasosiasi dengan *Elphidium advenum*, *Florilus elongatus* dan *Pseudorotalia schroeteriana* yang jumlahnya umum. Lingkungan pengendapannya masih dekat pantai (neritik dalam).

Adanya foraminifera plangton *Globigerinoides cyclostomus* pada bagian dasar sedimen, menandakan bahwa sedimen ini berumur Plistosen. Dengan munculnya *Globigerinella calida* pada kedalaman antara 8,50 - 9 meter, disimpulkan bahwa sedimen ini masih termasuk umur Plistosen bagian atas N. 22 bagian atas N. 23 bagian bawah (Saito dr, 1981; Bolli & Saunders, 1985).

Pada kedalaman antara 50 cm permukaan dasar laut, *Ammonia beccarii* dominan lagi, menandakan bahwa lingkungan pengendapan nya adalah lagun pantai.

Pada sedimen di lokasi BH 02, bagian bawah (17 - 17,5 meter), *Ammonia beccarii* dominan yang mempunyai lingkungan pengendapan lagun pantai.

Pada kedalaman 14,5 meter, *Florilus elongatus* mendominasi sedimen dengan lingkungan pengendapan antara neritik dalam/neritik tengah.

Pada kedalaman 10,5 meter, sedimennya didominasi oleh *Asterorotalia trispinosa* yang mempunyai lingkungan pengendapan Neritik Dalam.

Pada bagian bawah penampang *Globigerinoides cyclostomus* dijumpai berasosiasi dengan *Asterorotalia menardii*. Hal ini menandakan bahwa umur sedimen ini sudah termasuk Plistosen. Demikian pula dengan adanya *Globigerinella praecalida*, yang muncul lebih dulu dari pada *Globigerinella calida*. Batas antara Plistosen dan Holosen tidak bisa ditentukan.

Mengamati dari model siklus pengendapan yang terjadi maka daerah penelitian pada jaman Plistosen adalah merupakan pantai lagun kemudian terjadi regresi (genang laut) pada akhir Plistosen yang mengendapkan sedimen berlingkungan neritik, kemudian transgresi (susut laut) pada awal Holosen sehingga diendapkan sedimen yang berlingkungan pantai lagun kemudian terjadi regresi sehingga merendam endapan pantai lagun sekarang.

KESIMPULAN

1. Hasil analisis besar butir contoh inti BH-01 adalah kedalaman 00.00 - 26.00 meter adalah lanau, 26.00 - 27.00 meter adalah lumpur sedikit krikilan, 27.00 - 27.50 meter adalah lanau, 27.50 - 28.00 meter adalah lumpur, pasir sedikit krikilan, 28.00 - 28.50 meter adalah lumpur sedikit krikilan, 28.50 - 29.00 meter adalah lumpur kerikilan, dan kedalaman 29.00 - 40.00 meter adalah lanau
2. Hasil analisis megaskopis BH 02 adalah lumpur abu kehijauan, seragam, lunak, dan liat, dijumpai sisa tumbuhan, pada kedalaman 10,00 meter dan cangkang moluska pada kedalaman 11,5 meter, 14,2 meter, 17,2 meter dan 20,0 meter
3. Urutan lingkungan pengendapan dimulai dari kedalaman 40 meter sampai 28 meter, adalah lagun pantai, dari 23,50 - 23 meter adalah neritik dalam, kedalaman antara 19,50 - 19 meter, lingkungan pengendapannya antara neritik dalamneritik tengah, kedalaman antara 16 m sampai dengan 8,50 m, adalah lingkungan neritik dalam, sedangkan sampai kedalaman 0,5 m (-50 cm) adalah lingkungan lagun pantai.
4. Pada BH-01 dan BH-02 endapan Holosen dijumpai mulai dari permukaan dasar laut sampai dengan kedalaman 15 meter yang diendapkan pada lingkungan Neritik dalam.
5. Dari kedalaman 15 meter ke bawah adalah merupakan endapan yang berumur Plistosen yang diendapkan pada lingkungan Neritik dalam tengah dan lagun pantai.
6. Model siklus pengendapan yang terjadi di daerah penelitian adalah dari pantai lagun pada jaman Plistosen kemudian terjadi transgresi (genang laut) pada akhir Plistosen yang mengendapkan sedimen berlingkungan neritik, kemudian regresi (susut laut) pada awal Holosen sehingga diendapkan sedimen yang berlingkungan pantai Lagun kemudian terjadi transgresi sehingga merendam endapan pantai lagun sekarang.
7. Indikasi sumberdaya energi yang dijumpai adalah gas dangkal biogenik yang pada kedalaman 33 meter, keadaan ini didukung oleh hasil analisis seismik pantul dangkal saluran tunggal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi tingginya disampaikan kepada yang terhormat Bapak Kepala Puslitbang Geologi Kelautan, Pemimpin Proyek Penyelidikan Geologi Kelautan Sistematis, Dewan Redaksi Buletin Sumberdaya Geologi, Pusat Sumberdaya Geologi, dan Rekan-rekan Anggota Tim Peneliti, serta Ibu Prof. (Ris) Dra. Mimin Karmini, atas kepercayaannya kepada penulis untuk memimpin tim, bimbingan, dukungan dan masukan yang konstruktif sehingga penulis dapat menyelesaikan tulisan ini dan di terbitkan pada Buletin Sumberdaya Geologi.

Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi kalangan masyarakat umum, khususnya kalangan ilmu kebumih.

ACUAN

- Bemmelen, R.W., van, 1949, *The Geology of the Indonesia*, Vol. I-A, Martinus Nijhoff, The Hague Netherland.
- Bolli, H.M., and Saunders, J.B., 1985, *Oligocene to Holocene Low Latitude Planktic Foraminifera*. In Bolli H.M., Saunders, J.B., and K Perch-Nielsen (Eds). 1985. *Plankton Stratigraphy*, Cambridge Univ. Press.
- Lugra I W., Hakim, S., Wahib, A., Kurnio, H., Negara, M W., Salahuddin, M, 2002, *Inventarisasi Potensi Gas Biogenik di Perairan Lepas Pantai Selat Madura Jawa Timur*, Laporan Taknis PPPGL (tidak dipublikasi)
- Saito, T, Thompson P.R and Breger D., 1981. *Recent and Pleistocene Planktonic Foraminifera*. University of Tokyo Press, 190 p.
- Sukardi, 1992, *Geologi Lembar Surabaya dan Sapulu, Jawa Timur*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan.
- Troelstra, S.R., G.J. Klaver, A. Kleijne, D. Kroon, L.J. van Marle, W. Meyboom, P.J. van de Paverd, M. Situmorang dan I.M. van Waveren, 1989. *Actuomicropaleontology and sediment distribution of three transects across the Banda Arc. Indonesia*. (Snellius Expedition II, Cruise G-5). *Netherlands Jour. Of Sea Res.* V.24, n. 4, p.477-489.
- Yassini, I and Jones, B.G., 1995. *Foraminifera and Ostracoda from Estuarine and shelf Environments on the southeastern coast of Australia*. The University of Wollongong Press. Northfields Avenue, Wollongong, NSW 2522, Australia., 269p.

PEMBANGUNAN DATABASE SUMBER DAYA MINERAL DAN ENERGI BERBASIS ELEKTRONIK

Oleh:

Calvin K.K. Gurusinga, Denni W, Indra.S, Qomariah

Bidang Informasi

Pusat Sumber Daya Geologi

SARI

Mineral merupakan salah satu kebutuhan penting dalam kehidupan modern saat ini. Indonesia dan negara-negara ASEAN (Association of South East Asian Nations) lainnya masih mengandalkan bahan tambang sebagai sumber utama devisa negara sehingga ada kecenderungan untuk mengeksplorasi dan mengeksploitasi bahan tambang tersebut. Bidang pertambangan juga memberikan dampak bagi pembangunan ekonomi dan sosial terutama di negara-negara berkembang seperti Indonesia dan negara anggota ASEAN lainnya. Kegiatan pertambangan sebagai salah satu sumber devisa sebaiknya dikelola dengan baik agar dapat memberikan kontribusi yang berkelanjutan sehingga diperlukan data cadangan mineral yang akurat. Dengan semakin berkembangnya teknologi dan kebutuhan mineral di dunia, diperlukan informasi mengenai keterdapatannya mineral beserta sumberdaya dan cadangannya yang mana diperlukan suatu sistem informasi dan database mineral yang terintegrasi dan mudah didapatkan.

Pusat Sumber Daya Geologi sebagai instansi yang bertanggung jawab mengelola data dan informasi sumber daya mineral di Indonesia, melihat pentingnya hal tersebut di atas dan perlu ditindak lanjuti. Sebagai bentuk konkrit, Pusat Sumber Daya Geologi telah mengembangkan Aplikasi Sumber Daya Geologi untuk menampung data-data hasil kegiatan inventarisasi dan Aplikasi SIGNAS Sumber Daya Geologi untuk menampung data-data sumber daya geologi yang dimiliki daerah yang belum terdata di Pusat Sumber Daya Geologi. Untuk tingkat ASEAN juga telah dikembangkan Aplikasi Database Mineral Asean, sesuai kesepakatan ASEAN untuk mengadakan kerjasama dalam pengembangan database mineral yang dimaksudkan untuk dapat menampung data potensi mineral di negara anggota ASEAN.

Adanya aplikasi-aplikasi database yang berbasis web tersebut akan memudahkan dalam pengumpulan data dan menginformasikan data potensi sumber daya mineral dan energi kepada masyarakat yang memerlukan melalui internet yang sekaligus mempromosikan potensi geologi di daerah tersebut.

ABSTRACT

Mineral is one of important necessities in modern life nowadays. Indonesia and other ASEAN (Association of South East Asian Nations) member countries still rely on minerals as main source of states income so that there is a tendency to explore and exploit those minerals. Mining field also gives impact to economic and social development especially in developing country such as Indonesia and other ASEAN countries. Mining activities as one source of states income should be well managed in order to provide a sustainable contribution so that accurate mineral reserves data is needed. As growing technology and the needs of world's minerals, we need information of mineral occurrences, resources and reserves which is required availability of an information system and integrated mineral database.

Center for Geological Resources (CGR) as an institution that responsible for managing of mineral resources data and information in Indonesia, see the important things of the mentioned above and it should be followed up. As a concrete, Center for Geological Resources has developed Geological Resources Application to accommodate inventory activities result data and also National Geographic Information System of Geological Resources Application (SIGNAS) to accommodate geological resources data of local government that has not recorded yet at Center for Geological Resources.

For the ASEAN level, CGR has also developed ASEAN Mineral Database Application, according to the ASEAN agreement to conduct cooperation in the development of the mineral database is intended to accommodate data of mineral potency in ASEAN member countries.

The existence of database applications which web-based that will facilitate data collection and data to inform potential mineral resources and energy to the public that need through the Internet and promote the geological potential of this area.

PENDAHULUAN

Industri pertambangan dan energi memerlukan informasi yang akurat mengenai data sumber daya mineral dan energi, hal tersebut disebabkan karena sifat keberadaan bahan galian di permukaan bumi yang tidak merata dan pembentukannya pun memerlukan waktu geologi yang panjang.

Perkembangan dunia industri juga mengakibatkan adanya "trend" dari sumber daya mineral atau energi tertentu, sehingga harganya pun akan berubah sesuai dengan permintaan pasar. Sumber daya tertentu yang dulu tidak dilirik orang karena dianggap tidak memiliki nilai ekonomis, sekarang bisa mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Seperti batubara kalori rendah yang dulu dianggap tidak ekonomis, karena menipisnya cadangan minyak bumi saat ini maka keberadaan batubara kalori rendah menjadi ekonomis, orang beramai-ramai mencari informasi mengenai lokasi-lokasi yang mempunyai potensi batubara dengan kalori rendah ini. Hal tersebut juga didukung oleh kemajuan teknologi yang memungkinkan untuk menaikkan nilai kalori batubara tersebut. Hal tersebut dapat terjadi pada mineral logam, seiring dengan kemajuan teknologi pengolahan mineral maka batas nilai ekonomis (cut of grade) dapat berubah menjadi lebih kecil kadarnya.

Contoh kondisi dimana adanya kecenderungan untuk mencari mineral yang trend pada saat tertentu terjadi saat ini ketika mineral zirkon beramai-ramai dicari untuk dimanfaatkan sebagai mineral abrasif, sehingga terjadi penambangan pasir zirkon di beberapa lokasi tambang emas aluvial di daerah Kalimantan dan di bekas-bekas tambang inkonvensional timah di Pulau Belitung.

Hal tersebut menunjukkan bahwa data sumber daya mineral dan energi merupakan data yang memiliki resistensi yang tinggi dan tahan lama atau dapat dikatakan tidak ada batas kadaluwarsanya, sehingga data tersebut perlu dikelola dengan sebaik mungkin yang dijamin keamanannya serta mudah untuk memperolehnya.

Pengelolaan data secara umum berkembang secara signifikan dengan kondisi kemajuan teknologi. Pada beberapa waktu yang lalu, pengelolaan data dilakukan dengan cara manual dan mengandalkan keterampilan manusia. Saat ini dengan perkembangan teknologi informasi dan komputer maka pengelolaan data akan lebih modern yang berbasis elektronik serta mampu menghilangkan kendala jarak dan memangkas waktu secara signifikan.

Pengumpulan data sumber daya mineral dan energi dari waktu ke waktu menyebabkan semakin banyaknya data yang perlu dikelola, oleh karena itu perlu dihimpun dalam database

yang dikelola secara baik dan profesional. Database dapat diartikan sebagai suatu himpunan data yang tersimpan secara elektronik (digital) yang dibuat dengan format tertentu, yang terdiri dari data tekstual dan data spasial. Dengan adanya himpunan data ini maka proses pengolahan dan penampilan data tersebut sesuai dengan keperluannya akan dapat dilakukan dengan mudah dan cepat.

Meningkatnya akses informasi dalam masyarakat merupakan salah satu indikator kinerja program pembangunan nasional dalam bidang pengembangan dan peningkatan akses informasi sumber daya mineral. Salah satu faktor penting untuk mencapai indikator tersebut adalah tersedianya basis data sumber daya mineral dan energi. Pusat Sumber Daya Geologi sebagai instansi yang bertanggung jawab mengelola data dan informasi sumber daya mineral dan energi di Indonesia berperan penting dalam menunjang program pembangunan tersebut.

UPAYA PENGELOLAAN DATA SUMBER DAYA MINERAL DAN ENERGI

Intruksi Presiden Nomor.3 Tahun 2003 Tanggal 9 Juni 2003, tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan e-Government maka perlu dilakukan pengembangan e-government yang merupakan upaya penyelenggaraan pemerintahan yang berbasis (menggunakan) elektronik dalam rangka meningkatkan kualitas layanan publik secara efektif dan efisien

Melalui proses transformasi e-government tersebut pemerintah dapat mengoptimalkan pemanfaatan kemajuan teknologi informasi untuk mengeliminasi sekat-sekat organisasi birokrasi, serta membentuk jaringan sistem manajemen dan proses kerja yang memungkinkan instansi-instansi pemerintah bekerja secara terpadu untuk menyederhanakan akses ke semua informasi dan layanan publik yang harus disediakan oleh pemerintah untuk masyarakat umum.

Berkaitan dengan pelaksanaan e-government, maka Pusat Sumber Daya Geologi yang memiliki salah satu tugas untuk melaksanakan pengembangan sistem informasi dan penyebaran informasi serta dokumentasi hasil penelitian dan pelayanan di bidang sumber daya geologi perlu membangun database yang berbasis elektronik dengan membentuk jaringan pengelola data sumber daya geologi se Indonesia bahkan skala regional ASEAN agar data sumber daya geologi yang tersebar dapat terkumpul dan terintegrasi secara nasional dan regional serta dapat diakses oleh publik di dunia.

METODOLOGI

Pengembangan database sumber daya mineral dan energi dilakukan sesuai dengan kondisi saat ini dimana perkembangan teknologi informasi merupakan hal yang harus dimanfaatkan secara optimal. Seiring dengan hal tersebut di atas, teknologi ini melahirkan perkembangan teknologi baru dan perangkat lunak baru yaitu Sistem Manajemen Database (DBMS). Sistem Manajemen Database atau manajer database adalah sebuah perangkat lunak yang ditulis khususnya untuk mengontrol struktur sebuah database dan mengakses data.

Keuntungan dari sistem manajemen database (DBMS) adalah sebagai berikut :

1. Pengulangan data berkurang.
2. Integritas data meningkat.
3. Keamanan meningkat.
4. Kemudahan memelihara data.

Model database yang diterapkan dalam pengelolaan data sumber daya mineral dan energi ini berupa model database relasional dimana model ini merupakan model yang lebih fleksibel dibandingkan dengan model database hierarkis dan jaringan. Database relasional menghubungkan data pada tabel-tabel berbeda dengan menggunakan sebuah kunci atau elemen data yang umum.

Mengingat data sumber daya mineral dan energi merupakan database yang besar maka database tersebut dikelola oleh seorang spesialis yang disebut administrator database. Administrator database menentukan hak akses pengguna, membuat standar, petunjuk dan prosedur kontrol; membantu menentukan prioritas permintaan, menentukan kebutuhan pengguna dan mengembangkan dokumentasi pengguna dan prosedur input. Hal lain yang ditangani antara lain masalah keamanan, membuat dan memonitor cara untuk mencegah akses yang tidak berhak dan memastikan bahwa data telah dibackup dan kegagalan yang terjadi bisa diperbaiki dan membuat serta memberlakukan kebijakan mengenai privasi pengguna.

Upaya pengembangan pengelolaan data sumber daya mineral dan energi dilakukan dengan cara memanfaatkan perkembangan teknologi informasi secara terpadu yang meliputi hardware, software dan brainware. Hardware adalah perangkat keras yang berhubungan dengan teknologi informasi yang diperlukan untuk pengembangan aplikasi. Software adalah perangkat lunak yang diperlukan untuk pengembangan aplikasi. Brainware adalah sumberdaya manusia yang kompeten khususnya dalam bidang teknologi informasi yang dapat menganalisa kebutuhan sistem dan mengerjakan pemrograman sistem yang

diperlukan dalam pengembangan aplikasi. Ketiga komponen tersebut merupakan sesuatu hal yang tidak dapat dipisahkan.

Sarana hardware yang dipakai, antara lain : komputer server sebagai komputer web hosting/server untuk pengembangan Aplikasi Sumber Daya Geologi, Aplikasi SIGNAS Sumber Daya Geologi dan Aplikasi Database Mineral ASEAN, perangkat jaringan serta akses internet, yang digunakan untuk koneksi antar komputer secara lokal maupun internasional dalam aplikasi agar dapat melakukan penambahan konten informasi, perubahan serta pengembangan aplikasi yang berbasis web, aksesories komputer seperti removable harddisk untuk sistem backup secara mudah, flashdisk, CD ROM untuk mendistribusikan informasi.

Sarana software yang dipakai sebagian besar program open source, antara lain : sistem operasi linux, web server apache, bahasa pemrograman php dan javascript, database PostGreSQL, pemrograman spasial PostGIS dan Map Server, pengeditan grafis/multimedia Adobe Photoshop 7.0, editor source edit, browser internet explorer dan mozilla firefox.

Program open source adalah sumber kode-kode pemrograman yang berupa baris perintah yang ditulis oleh programmer dalam pembuatan suatu program aplikasi komputer yang dapat dikembangkan secara terbuka oleh pihak lainnya dan biasanya disebarakan melalui media internet. Sumber program dan data open source yang dipakai dalam pengembangan aplikasi ini, yaitu : map server diperoleh dengan cara download dari internet dengan alamat URL : <http://www.maptools.org>, PostGIS dan PostgreSQL didownload dari alamat URL : <http://www.postgresql.org>, apache dari alamat URL : <http://www.apache.org>, linux UBuntu server dari alamat URL : <http://www.UBuntu.com>, php dari alamat URL : <http://www.php.org>, javascript dari alamat URL : http://www.w3schools.com/js/js_intro.asp, program pendukung lainnya adalah Java Runtime Environment (JRE) yang didownload dari <http://www.java.com>. Peta dasar Indonesia diperoleh dari Bakosurtanal (Badan Koordinasi Survei Pemetaan Nasional). Data-data dasar ASEAN diperoleh dari alamat URL : <http://www.bps.go.id>, <http://worldatlas.com>, <http://www.cebunet.com>. Kode mineral diperoleh dari alamat URL : <http://earthsci.org>.

PEMBANGUNAN DATABASE SUMBER DAYA GEOLOGI

Data potensi sumber daya geologi yang dimiliki Pusat Sumber Daya Geologi cukup berlimpah, namun belum tersimpan dalam suatu database yang terintegrasi karena belum ada

bersama untuk menyimpan data potensi sumber daya geologi tersebut. Walaupun begitu modal besar yang sudah dilakukan oleh Pusat Sumber Daya Geologi (PMG) dalam hal ini adalah dari setiap Kelompok Program Penelitian baik itu Mineral, Energi Fosil dan Panas Bumi masing-masing telah memiliki database sumber daya sendiri. Akan tetapi sayangnya belum dibuat program aplikasi yang dapat mengintegrasikan semua data sumber daya tersebut. Namun dengan tersedianya format data entry untuk database mineral logam dan non logam, energi fosil dan panas bumi maka pada tahun 2007 telah mulai dikembangkan aplikasi yang menunjang format database tersebut.

Program aplikasi database sumber daya geologi di lingkungan Pusat Sumber Daya Geologi akan menjadi sarana yang berfungsi antara lain :

1. Menampung data potensi sumber daya geologi di Indonesia yang dimiliki oleh Pusat Sumber Daya Geologi secara terintegrasi.
2. Sarana pertukaran informasi kelompok program penelitian maupun bidang dan bagian di lingkungan PMG menjadi mudah.
3. Sedangkan keuntungan yang akan diperoleh antara lain :
4. Jangkauan luas, karena informasi dapat diakses dari seluruh gedung yang ada di PMG.
5. Input data dapat dilakukan di masing-masing Kelompok Program Penelitian di lingkungan PMG.
6. Data potensi sumber daya geologi disajikan dalam bentuk tekstual dan spasial (WebMap).
7. Dapat disajikan secara dinamis.

PEMBANGUNAN DATABASE SIGNAS SUMBER DAYA MINERAL DAN ENERGI INDONESIA

Database sumber daya mineral dan energi secara nasional merupakan hal perlu tersedia mengingat Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi dan sumber daya mineral dan energi yang besar. Pembangunan aplikasi data sumber daya mineral dan energi ini merupakan salah satu upaya untuk mengumpulkan data hasil penyelidikan yang dilakukan oleh Pemerintah Pusat dan Daerah selama data tersebut bersifat terbuka.

Adanya database sumber daya mineral dan energi berbasis web yang dimiliki secara bersama maka akan tersedianya website yang menyediakan data dan informasi secara nasional tentang potensi sumber daya mineral dan energi di Indonesia.

Oleh karena itu, upaya yang dilakukan dalam pengembangan pembangunan database sumber daya mineral dan energi Indonesia antara lain :

1. Sinkronisasi SIG bidang mineral, batubara dan panas bumi antara pemerintah pusat (DESDM) dengan Pemerintah Daerah (Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi/ Kabupaten/Kota) se-Indonesia di dalam pengelolaan data sumber daya mineral dan energi melalui SIG.
2. Sosialisasi formulir database sumberdaya geologi secara nasional, sehingga pengelola data sumber daya mineral dan energi memiliki format yang seragam.
3. Terintegrasi SIG sub sektor mineral, batubara dan panas bumi antara pusat dan daerah untuk mendukung SIG ESDM terpadu.
4. Terintegrasinya SIG ESDM dengan jaringan data Spatial Nasional (perpres 85 tahun 2007).
5. Mengembangkan SIG bidang mineral, batubara dan panas bumi terpadu antara pusat dan daerah untuk mendukung pelaksanaan kebijakan mineral, batubara dan panas bumi.
6. Strategi yang dilakukan adalah :
7. Integrasi Infrastruktur
8. Integrasi pengelolaan dan pemanfaatan data
9. Koordinasi dan kerjasama antara Pemerintah Pusat dan Daerah
10. Tersajinya informasi potensi sumber daya geologi setiap daerah di seluruh Indonesia secara cepat, tepat dan akurat.

Informasi yang disediakan berupa :

1. Peta digital
2. Data digital potensi sumber daya mineral, Batubara dan Panas Bumi.
3. Terwujudnya Database Sumber Daya Mineral dan Energi Nasional



Gambar 1. Workshop Pengelolaan Data Sumber Daya Mineral dan Energi di Medan Tahun 2009

PEMBANGUNAN DATABASE SUMBER DAYA MINERAL DAN ENERGI ASEAN

Metodologi dalam pengembangan aplikasi sistem informasi dan database mineral ASEAN, antara lain : inventarisasi kebutuhan pengembangan aplikasi sistem informasi dan database mineral ASEAN yang diambil dari formulir isian database mineral ASEAN yang telah disepakati bersama oleh negara anggota ASEAN; persiapan hardware dan software yang diperlukan dalam pembuatan aplikasi database; pengumpulan data/download pendukung software pembuatan program, data dasar negara ASEAN, kode mineral, komoditi energi fosil, mineral logam dan non logam, peta dasar negara ASEAN; pembuatan tampilan form input, struktur database, Entity Relationship Database (ERD); perancangan/design pengembangan aplikasi sistem informasi dan database mineral ASEAN; pembuatan database dari hasil rancangan; pembuatan program php dan javascript sesuai dengan rancangan yang telah dibuat; pembuatan sub-sub program aplikasi database yang meliputi form input, output, hak akses user dan web GIS; pengembangan Web GIS, meliputi peta-peta sumberdaya batubara, mineral logam dan non logam; uji coba program dengan hardware dan software yang tersedia.

Pusat Sumber Daya Geologi, di bawah Badan Geologi mewakili Indonesia ditunjuk oleh ASEAN sebagai ketua Working Group pengembangan database mineral ASEAN, yang bertujuan untuk menyeragamkan format database mineral ASEAN, mengingat potensi mineral dan energi fosil negara-negara anggota ASEAN yang cukup berlimpah, tetapi belum tersimpan dalam suatu database yang terintegrasi, serta belum adanya sarana publikasi bersama tentang potensi energi fosil dan mineral negara anggota ASEAN.

Pada tahun 2000, telah disetujui format data entry untuk database ASEAN. Hal ini ditindaklanjuti dengan pembuatan aplikasi untuk pembuatan database tersebut. Topologi jaringan serta alur sistem database mineral ASEAN dapat dilihat pada gambar 3 dan 4.

Saat ini telah dimulai pengisian data berbasis web dari tiap-tiap negara anggota ASEAN yang tatacara pengisiannya disosialisasikan dalam Workshop Database Mineral ASEAN di Bali tahun 2008.

Dengan adanya database berbasis web ini, di masa yang akan datang ASEAN akan memiliki format database yang seragam dan sistematis untuk menarik minat investor asing agar berinvestasi di bidang industri pertambangan ASEAN.

Saat ini telah dikembangkan database ASEAN di bidang sumber daya mineral, seiring

dengan perkembangan aplikasinya direncanakan akan dikembangkan dengan menambah konten.



Gambar 2. Workshop Database Mineral ASEAN di Bali Tahun 2008

Tabel.1
Kemajuan Pengisian Data Aplikasi Database dan Sistem Informasi Mineral ASEAN Statu Awal Desember 2009

No	Negara	Laporan	Peta	
			Blok	Titik/Point
1	Brunei	0	0	0
2	Cambodia	1	1	0
3	Indonesia	47	37	53
4	Lao PDR	21	15	4
5	Malaysia	52	55	52
6	Myanmar	0	0	0
7	Philippines	24	21	16
8	Singapore	1	1	0
9	Thailand	7	7	12
10	Vietnam	3	3	0

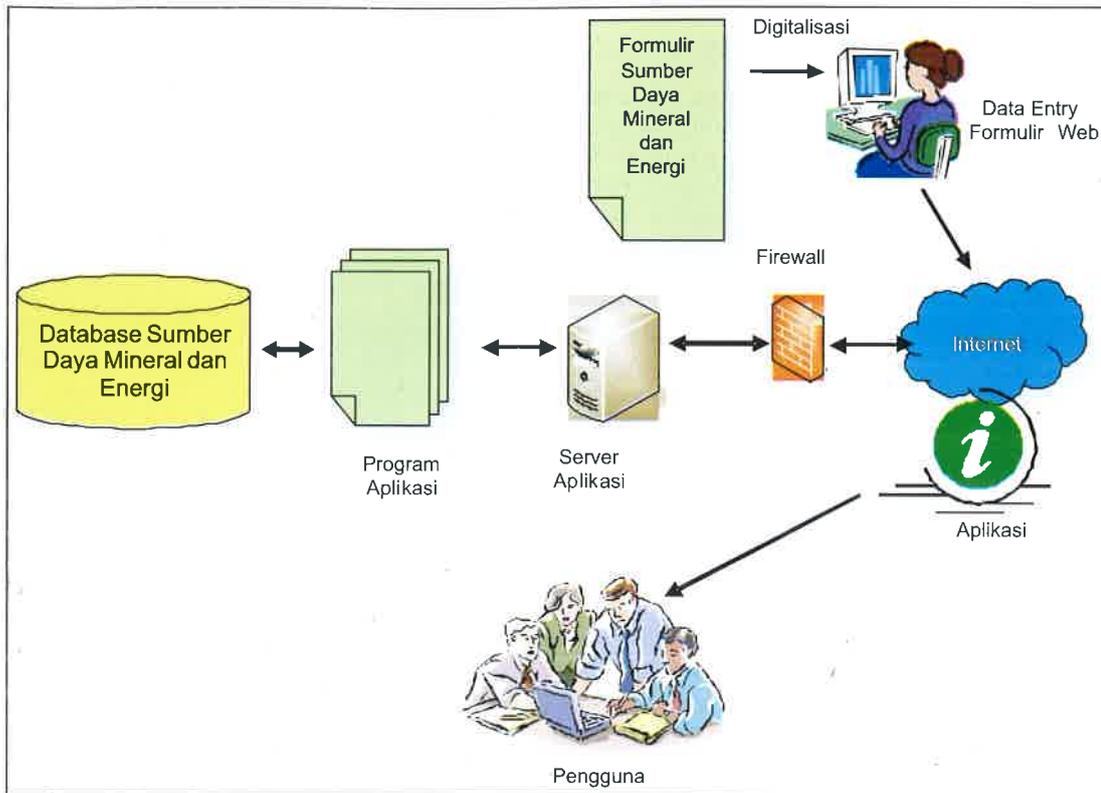
KENDALA

Aplikasi Sumber Daya Geologi

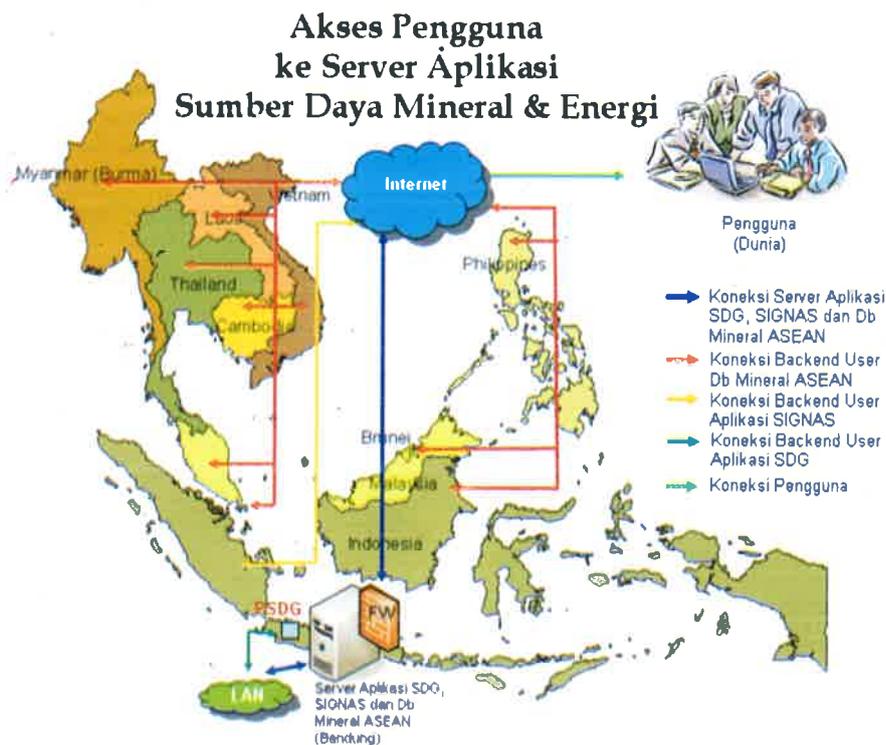
Pengembangan Aplikasi Sumber Daya Geologi dilakukan secara terus menerus untuk menyediakan informasi yang akurat tentang potensi sumber daya geologi di Indonesia hasil kegiatan inventarisasi Pusat Sumber Daya Geologi (dulu Direktorat Inventarisasi Mineral).

Namun dalam proses pengembangan terdapat beberapa kendala, antara lain :

1. Sumber data banyak yang masih berbentuk hard copy.
2. Sumber data yang telah berbentuk softcopy terdiri dari berbagai macam format, seperti excel, access, dbf, dll. Bahkan ada yang berbentuk file .doc atau microsoft word.
3. Sumber daya manusia untuk proses update/penambahan data yang masih terbatas khususnya dalam penguasaan aplikasi.



Gambar.3 Alur Sistem Database Sumber Daya Mineral dan Energi



Gambar.4 Pemetaan Akses ke Sistem Database Sumber Daya Mineral dan Energi



Gambar.5 Tampilan Pertama Website Aplikasi Sumber Daya Geologi



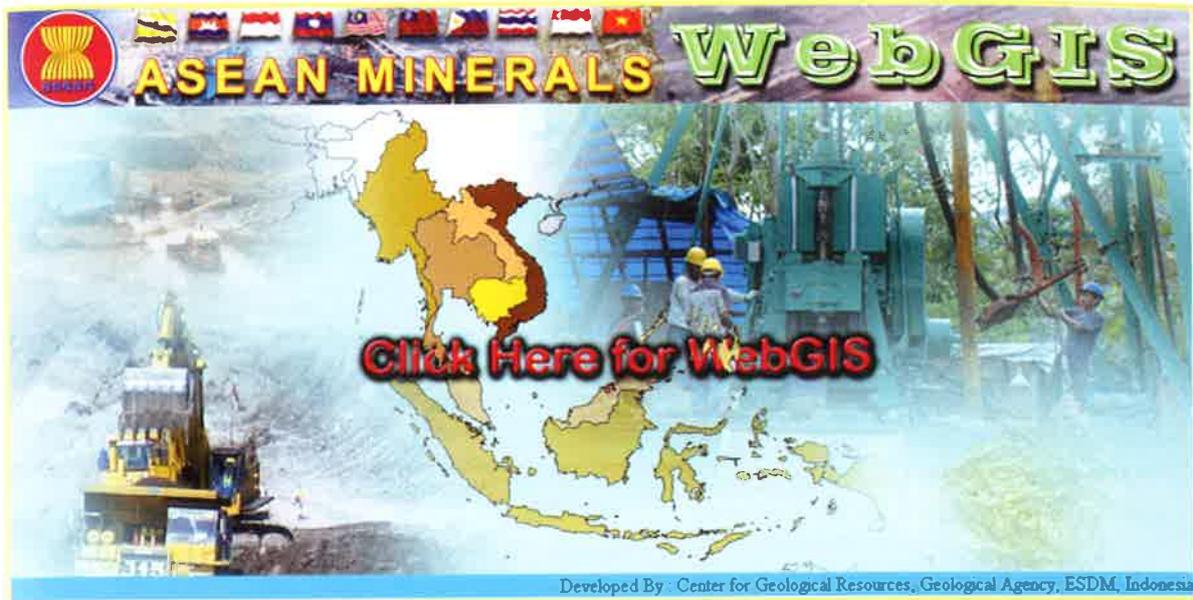
Gambar.6 Tampilan Backend User Aplikasi Sumber Daya Geologi



Gambar.7 Tampilan Pertama Website SIGNAS Sumber Daya Mineral dan Energi Indonesia

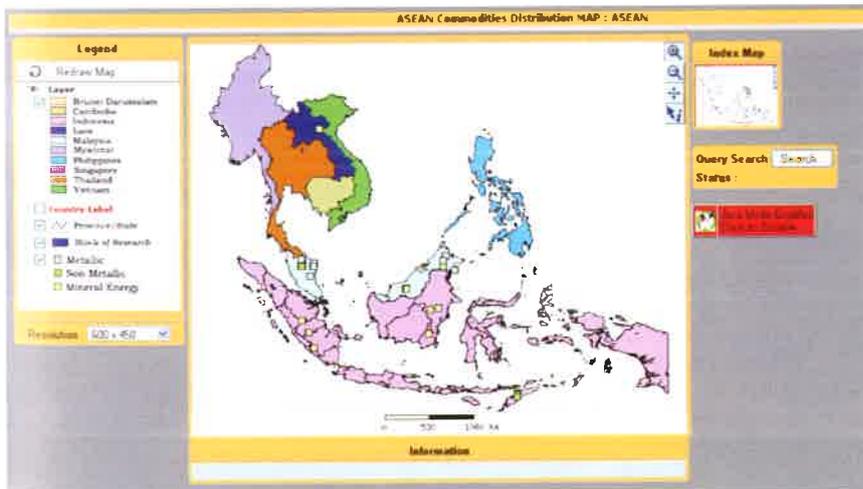


Gambar.8 Tampilan Backend User Aplikasi SIGNAS Sumber Daya Mineral dan Energi Indonesia



Gambar.9 Tampilan Pertama Website Database ASEAN

WebMap



Query

Please Fill parameter for Query, from Mark for visible

QUERY PARAMETER

Country

Commodity Type

Commodity Name

QUERY RELATED WITH WEBSITE NUMBER

Search Distribution By

Commodity Data Form

Commodity Data

Commodity Data Detail

Commodity Data List

Start Date of Commodity Map

Stop Date of Commodity Map

Start Date of Commodity Map

Stop Date of Commodity Map

Supervisor Data

Supervisor Detail

Print Supervisor

Country of user

Resource Type

Resource Data

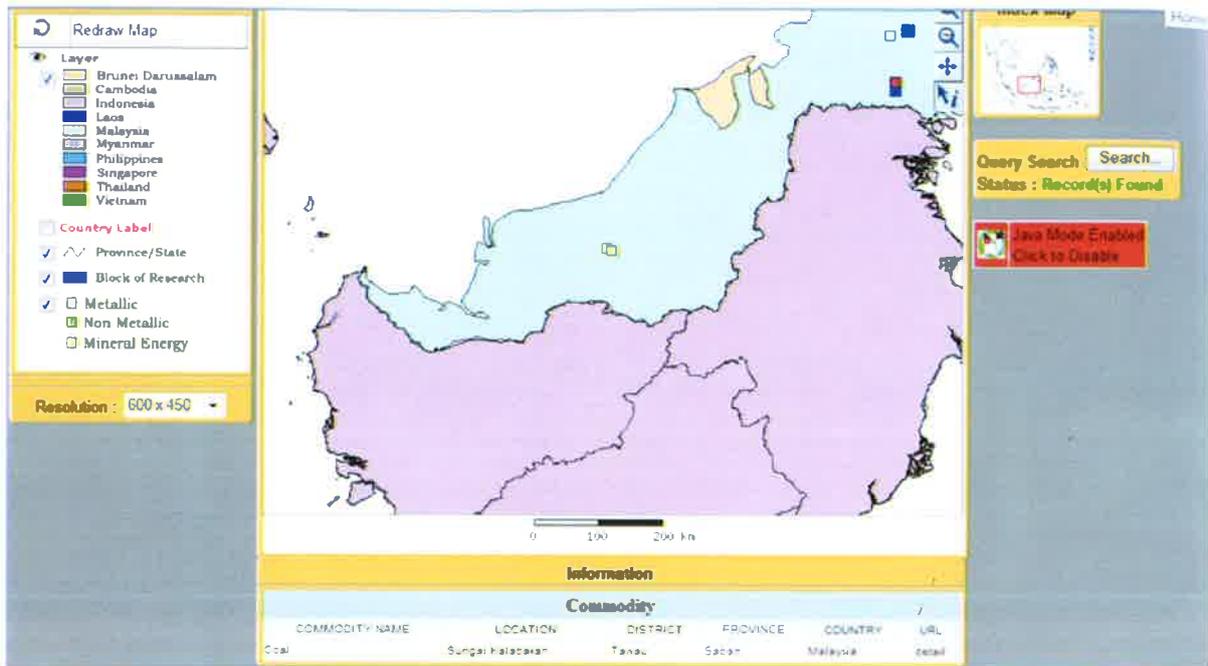
Resource Detail

Resource List

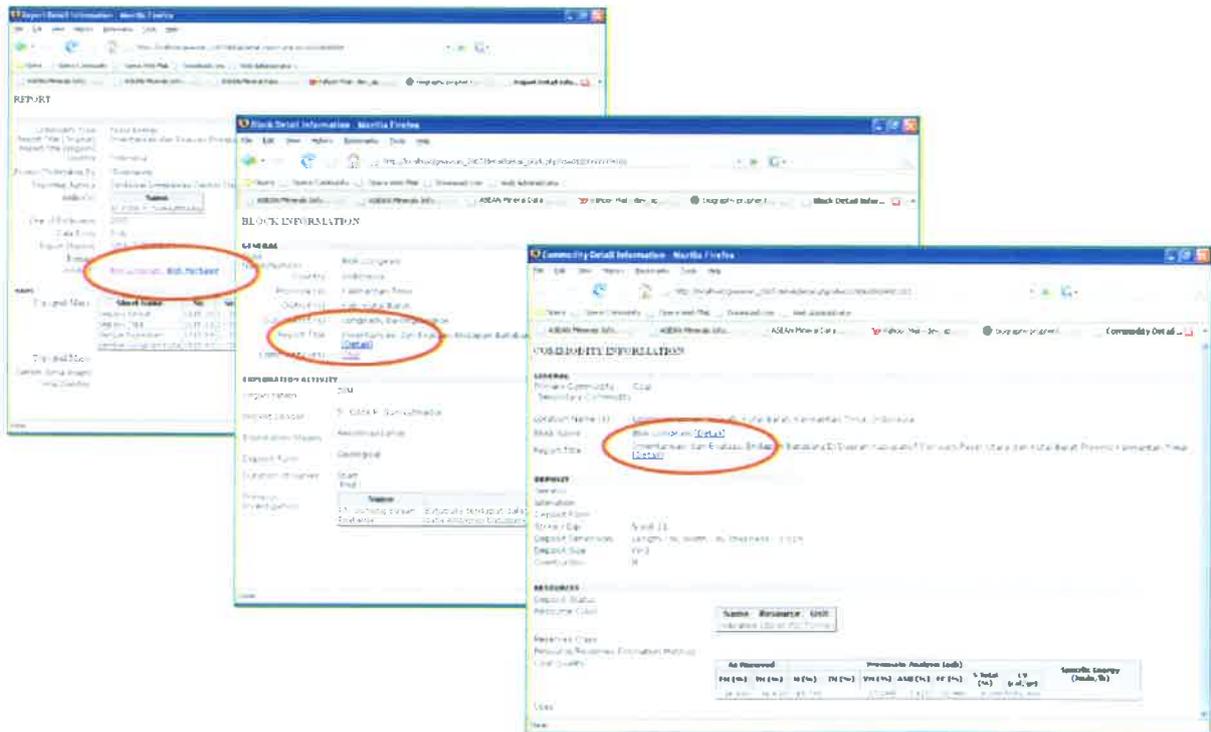
RESOURCE QUALITY	
200 Tm	<input type="checkbox"/>
150 Tm	<input type="checkbox"/>
100 Tm	<input type="checkbox"/>
75 Tm	<input type="checkbox"/>
50 Tm	<input type="checkbox"/>
25 Tm	<input type="checkbox"/>
10 Tm	<input type="checkbox"/>
5 Tm	<input type="checkbox"/>
1 Tm	<input type="checkbox"/>
0 Tm	<input type="checkbox"/>

Search Query (Search)

Gambar.10 Tampilan Webmap Database ASEAN dan Menu Query



Gambar.11 Tampilan Webmap Hasil Query



Gambar.12 Tampilan Informasi yang Diperoleh Dari Hasil Query

Aplikasi SIGNAS Sumber Daya Mineral dan Energi Indonesia

Pengembangan Aplikasi SIGNAS Sumber Daya Mineral dan Energi Indonesia dilakukan secara terus menerus untuk menyediakan informasi yang akurat tentang potensi sumber daya geologi di Indonesia hasil kegiatan di daerah (Dinas Provinsi dan Kabupaten/Kota) yang belum terinventarisir oleh Pemerintah Pusat.

Namun dalam proses pengembangan terdapat beberapa kendala, antara lain :

1. Sumber data banyak yang masih belum memenuhi standar data minimal yang harus dimiliki, seperti tidak ada data koordinat.
2. Banyak daerah yang tidak mempunyai data yang tertulis berupa buku laporan keterdapatn sumber daya geologi.
3. Infrastruktur di daerah yang belum dapat mendukung penerapan aplikasi SIG Sumber Daya Mineral dan Energi.
4. Sumber daya manusia untuk proses update/penambahan data yang masih terbatas khususnya dalam penguasaan aplikasi di daerah.

Aplikasi Database Mineral ASEAN

Upaya pengembangan database sumber daya geologi diantara negara-negara ASEAN dilakukan secara terus menerus untuk menyediakan informasi yang akurat tentang potensi sumber daya geologi di masing-masing negara di ASEAN.

Dalam proses pembangunannya terdapat beberapa kendala, antara lain :

1. Perbedaan format data pada masing-masing Negara di ASEAN.
2. Database informasi mineral di masing-masing Negara ASEAN belum terintegrasi dan dikelola dengan baik;
3. Memerlukan dukungan untuk melakukan promosi potensi sumber daya mineral di lingkungan Negara-negara ASEAN;
4. Sulitnya pertukaran data diantara Negara-negara anggota ASEAN.
5. Sarana teknologi informasi yang tidak merata yang menyebabkan lambatnya.
6. Kebijakan di beberapa negara ASEAN yang kurang mendukung menyimpan data sumber daya mineral dan energi pada aplikasi database Mineral ASEAN.

UPAYA KE DEPAN

1. Untuk menjaga agar aplikasi dan data dapat digunakan dengan baik dan penambahan data dapat dilakukan secara berkelanjutan maka perlu membentuk kelompok kerja pengelola data sumber daya geologi tingkat nasional dan ASEAN. Hal ini dapat dilakukan

dengan cara menyelenggarakan workshop atau pertemuan secara berkala diantara pengelola data sehingga pemutakhiran database dapat terus dilakukan.

2. Kegiatan sosialisasi dan/atau diseminasi Aplikasi Sumber Daya Geologi, Aplikasi SIGNAS Sumber Daya Mineral dan Energi dan Aplikasi Database Mineral ASEAN bagi daerah atau negara yang perlu mendapat bantuan secara khusus perlu dilakukan, agar kemajuan perkembangan data berjalan secara seimbang.
3. Pemutakhiran aplikasi database perlu dilakukan sesuai dengan perkembangan teknologi informasi, sehingga akan lebih mempermudah bagi pemanfaatannya, baik dari sisi pengelola maupun penggunaan data/informasi.
4. Selain itu, dukungan perangkat keras, perangkat lunak dan sumberdaya manusia perlu ditingkatkan, mengikuti perkembangan teknologi informasi.

KESIMPULAN

Upaya pemanfaatan teknologi informasi yang berbasis internet dalam pembangunan database sumber daya mineral dan energi merupakan hal yang harus dilakukan untuk mempermudah masyarakat memperoleh data dan informasi tentang potensi sumber daya mineral dan energi.

Adanya fasilitas bersama berupa aplikasi SIGNAS database sumber daya mineral dan energi akan mempermudah pengelola data sumber daya geologi di Indonesia untuk memasukkan data ke server database yang terpusat di Pemerintah Pusat yang kemudian akan diinformasikan kepada masyarakat melalui internet.

Aplikasi sistem informasi dan database mineral ASEAN yang berbasis web hingga saat ini mampu memfasilitasi negara-negara di kawasan ASEAN untuk menginformasikan potensi sumber daya mineral dan energi di masing-masing negara melalui internet. Namun aktivitas pemutakhiran datanya tidak merata di tiap negara yang disebabkan faktor keterbatasan infrastruktur, keterbatasan sumber daya manusia dan regulasi yang kurang mendukung. Aplikasi ini diharapkan dapat dimanfaatkan oleh negara anggota ASEAN secara optimal dengan memberikan kontribusi input data mineral ke dalam aplikasi tersebut untuk meningkatkan devisa negaranya masing-masing khususnya di bidang pertambangan mineral.

Dengan tersedianya aplikasi database sumber daya mineral dan energi Indonesia dan ASEAN yang berbasis internet akan memudahkan masyarakat untuk memperoleh data dan informasi tentang potensi sumber daya mineral dan energi di Indonesia dan ASEAN. Hal ini mendorong pelaksanaan e-government di lingkungan instansi pemerintah dan penyampaian informasi publik secara lebih cepat dan mudah diakses.

ACUAN

- Antony Pranata, 2001, Panduan Pemrograman Javascript, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Dios Kurniawan, 1997, HTML 3 untuk Publikasi di Internet, BPPE, Yogyakarta.
- Fathansyah, 2002, Basis Data, Penerbit Informatika, Bandung.
- http://www.cifor.cgiar.org/publications/pdf_files/Books/SIGeografis/SIG-part-2.pdf
- Intruksi Presiden Nomor.3 Tahun 2003, tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan e-Government.
- Peraturan Presiden Nomor.85 Tahun 2007, tentang jaringan data Spatial Nasional.
- Pusat Sumber Daya Geologi, 2006, Buku Panduan Sosialisasi Pengelolaan Data dan pelayanan Informasi Sumber Daya Mineral, Bandung.
- Tim Pengembangan Aplikasi Database Sumber Daya Geologi, 2007, Laporan Akhir Pengembangan Aplikasi Database Sumber Daya Geologi, Pusat Sumber daya Geologi, Bandung.
- Williams, Sawyer, 2007, Using Information Technology, Pengenalan Praktis Dunia Komputer dan Komunikasi, Penerbit Andi, Yogyakarta.

FENOMENA INDUSTRI MINERAL DAN PROSPEK PENDIRIAN PENGOLAHAN DAN PEMURNIAN MINERAL

Oleh:

Teuku Ishlah

Perekayasa Madya

Bidang Program dan Kerja Sama

Pusat Sumber Daya Geologi

SARI

Bila diperhatikan perkembangan usaha pertambangan, terutama pertambangan mineral logam, tampak bahwa industri tersebut berkembang dengan fenomena-fenomena yang khas, seperti fenomena konsentrasi geologi, konsentrasi negara pengolahan, dilema kepemilikan, konsentrasi perusahaan, konsentrasi teknologi, konsentrasi modal, dan perkembangannya sangat tergantung pada harga komoditas di pasar internasional. Perkembangan industri pertambangan nasional juga menghadapi permasalahan-permasalahan tersebut, terutama dalam pelaksanaan UU No.4 Tahun 2009, dimana usaha pertambangan di Indonesia diwajibkan mendirikan pengolahan dan pemurnian (smelter) di dalam negeri. Pendirian smelter memerlukan modal sindikasi, teknologi, energi, dan jaminan kelangsungan usaha. Hal lain yang diperlukan adalah pengawasan yang ketat sehingga tidak menimbulkan permasalahan dan kerugian bagi negara sebagai pemilik mineral.

ABSTRACT

Observing the development of mineral mining industry, particularly metallic mineral mining, it appears that the mineral industry has developed with typical phenomena, including the geological concentration, the concentration of processing countries, the dilemma of ownership, concentration of technology, the concentration of capital, low value and its development is highly dependent on commodity prices in international markets. The development of national mining industry is also facing such problems, especially in the implementation of Law No. 4/2009, where the mining business in Indonesia are required to establish processing and refining factory (smelter) in the production country. The establishment of smelters need capital syndication, technology, energy, and guarantee business continuity. Other things needed are strict supervision so it does cause problems and losses for the state as the mineral owner.

PENDAHULUAN

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara, pemegang Ijin Usaha Pertambangan (IUP) dan Ijin Usaha Pertambangan Khusus (IUPK) wajib meningkatkan nilai tambah sumber daya mineral dan/atau batubara dalam pelaksanaan penambangan, pengolahan dan pemurnian serta pemanfaatan mineral dan batubara (pasal 102 UU No. 4/2009). Dalam ketentuan selanjutnya, juga ditetapkan bahwa pemegang IUP dan IUPK tahap Operasi Produksi wajib melakukan pengolahan dan pemurnian hasil penambangan di dalam negeri, dan dapat mengolah dan memurnikan hasil penambangan dari pemegang IUP dan IUPK lainnya (pasal 103 UU No. 4/2009).

Dari ketentuan Undang-Undang No. 4 Tahun 2009, menunjukkan bahwa pemerintah dan warga negara Republik Indonesia tidak menginginkan ekspor bahan mentah mineral dan batubara. Sebenarnya, keinginan tersebut, telah dijalankan oleh Pemerintah secara terbatas

untuk pihak penanaman modal asing, yakni sejak disahkannya Kontrak Karya Pertambangan Umum Generasi Kedua (1970an). Hasil ketentuan ini, bijih bauksit di Tayan Kabupaten Sanggau (Provinsi Kalimantan Barat) yang ditemukan PT Alcoa, bijih nikel di pulau Gag (Provinsi Papua Barat) yang ditemukan PT Pacific Nickel Indonesia, dan bijih nikel di Buli dan Gebe Kabupaten Halmahera Timur (Provinsi Maluku Utara) yang ditemukan oleh PT Indeco, mundur karena pemerintah tidak mengizinkan ekspor bauksit dan bijih nikel oleh perusahaan asing.

Kertas kerja ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran singkat tentang fenomena dan gejala dalam industri mineral dan kemungkinan pelaksanaan pembangunan pengolahan dan pemurnian mineral dalam rangka pelaksanaan kewajiban pengolahan dan pemurnian mineral dan batubara dalam negeri dalam rangka pelaksanaan undang-undang No. 4 Tahun 2009.

STRUKTUR PASAR KOMODITAS MINERAL

Untuk menjawab tentang pelaksanaan Undang-Undang No. 4 Tahun 2009 dalam hal kewajiban pengolahan dan pemurnian mineral di dalam negeri, perlu diamati tentang struktur pasar mineral. Struktur pasar sangat menentukan dalam perencanaan, evaluasi, dan pelaksanaan pengolahan dan pemurnian. Investor akan membangun industri pengolahan dan pemurnian bila ada permintaan pasar. Pasar adalah tempat pihak pembeli dan penjual dari barang/jasa bertemu untuk menentukan harga sehingga tercapai suatu transaksi. Transaksi mineral biasanya berlangsung dari lokasi penambangan ke konsumen. Bahkan sebelum produksi berjalan terutama pada saat konstruksi penambangan, konsumen sudah terikat dengan perjanjian persetujuan penjualan, dan ikutserta dalam pembiayaan kegiatan penambangan.

Menurut Gocht WR (1988), bursa logam London (London Metal Exchange), mengenal beberapa jenis produk tembaga yang terbagi atas beberapa produk yang harganya tergantung pada tingkat pengolahannya seperti :

- a. Pasar komoditas bijih tembaga berkadar tinggi hasil penambangan langsung dalam jumlah terbatas. Umumnya komoditas ini tanpa diolah dan diperlukan oleh industri tertentu.
- b. Pasar komoditas konsentrat tembaga berasosiasi dengan emas, perak atau molibden dan mineral berat lainnya seperti magnetit, ilmunit, silika, zirkon dan sebagainya. Umumnya, konsentrat ini berasal tambang tembaga yang berasosiasi dengan emas, perak, dan atau molibden (Porfiri Cu-Au/Cu-Mo).
- c. Pasar komoditas tembaga mentah (crude copper, produk dari smelting yang berasal dari negara industri), dan
- d. Pasar komoditas tembaga elektrolit produk dari pemurnian (refining) yang terdiri dari kabel tembaga, balok tembaga, katode dan tembaga murni. Kadar tembaga mencapai 99,9%. Selanjutnya komoditas ini dijual untuk bahan baku industri logam, kabel tembaga, industri otomotif, elektronik dan sebagainya.

Menurut Gocht WR (1988), pasar konsentrat timah berakhir pada tahun 1955. Sejak 1955, timah diperdagangkan dalam bentuk lempengan timah murni, termasuk Timah Bangka yang dikenal dipasar logam dunia. Antimoni dan wolfram/tungsten diperdagangkan masih dalam bentuk konsentrat. Sedangkan untuk bauksit dan bijih besi, masih diperdagangkan sebagai bahan mentah hasil penambangan.

Bila dipandang dari aspek pasar, hasil penambangan bijih tembaga dari Tambang Grasberg (Timika, Provinsi Papua) dan Tambang Batu Hijau Kabupaten Sumbawa Barat (Provinsi Nusa Tenggara Barat) diolah pada tahap

konsentrat, dengan tujuan untuk memudahkan pengangkutan ke konsumen. Timah Bangka dipasarkan dalam bentuk batangan dengan kadar 99,95% yang dikenal standar Timah Bangka. Sayangnya sejak berlakunya otonomi daerah, negeri ini menerbitkan Kuasa Pertambangan (KP) timah tanpa pengawasan sehingga terdapat KP yang menjual timah dalam bentuk konsentrat pasir timah. Bahkan terjadi penyeludupan konsentrat timah ke smelter di Malaysia dan Thailand yang dilakukan oleh pertambangan tanpa izin.

FENOMENA INDUSTRI MINERAL

Bahan tambang seperti mineral, migas, dan batubara akan bermanfaat bila ditambang, diangkut dan diolah, serta diperlukan oleh konsumen. Untuk memudahkan pengertian akan kemungkinan pendirian pengolahan dan pemurnian mineral di dalam negeri, terlebih dahulu dibahas beberapa fenomena dalam industri mineral.

Konsentrasi geografi/geologi

Genesa mineral, batubara dan minyak bumi dipengaruhi oleh kondisi geologi yang terletak di lokasi geografi tertentu. Tidak semua tempat dimuka bumi memiliki kondisi geologi yang batuanannya berumur dari pra-Kambrium sampai dengan Kuartar, dan juga tidak semua tempat mengalami proses-proses geologi yang lengkap. Negara-negara Eropa, Australia, Kanada, dan AS mempunyai kondisi geologi yang memenuhi syarat terbentuknya beraneka jenis mineral dan hidrokarbon, memiliki sumber daya manusia, dan mempunyai sejarah panjang dalam industri pertambangan mineral dan minyak bumi. Afrika memiliki kondisi geologi yang sama dengan kawasan Eropa, namun sumberdaya manusia terbatas untuk pengembangan industri mineral. Bahkan industri mineral di Afrika, hampir 100% dikuasai oleh perusahaan asing.

Di Indonesia, industri pertambangan mineral logam dikuasai oleh investor asing dan BUMN seperti PT Freeport Indonesia, PT Newmont Nusa Tenggara, PT Inco Tbk, PT Koba Tin, PT Timah Tbk, PT Aneka Tambang Tbk, serta perusahaan swasta. Perusahaan-perusahaan tersebut didirikan berdasarkan peraturan perundang-undangan Indonesia dalam bentuk badan hukum Indonesia. Dalam dokumen kontrak karya pertambangan, perusahaan pertambangan asing juga diwajibkan melepaskan saham kepemilikan.

Akibat perbedaan kondisi geologi, terjadi perbedaan potensi endapan mineral yang menimbulkan perdagangan antar bangsa/wilayah. Contoh, endapan timah terkonsentrasi sepanjang jalur yang meliputi wilayah RRC,

Vietnam, Thailand, Malaysia, menerus hingga kepulauan Riau dan Kepulauan Bangka-Belitung. Ladang minyak bumi raksasa dengan cadangan yang melebihi 1 miliar barel terkonsentrasi di Saudi Arabia, Irak, Kuwait, Iran, Rusia, RRC dan AS. Sedangkan Indonesia hanya memiliki satu lapangan minyak bumi raksasa di Minas. Cadangan mineralisasi emas, krom, tembaga, kadmium, nikel, mangan dan sebagainya terkonsentrasi di Afrika Selatan. Endapan kokas terkonsentrasi di Jerman, Polandia, Rusia, AS, dan Afrika Selatan. Hal ini terjadi karena daerah tersebut terletak di lempeng kontinen yang menyebabkan batubara mendapatkan tekanan, proses geologi berulang-ulang dan berumur jutaan tahun. Endapan emas epitermal dengan cadangan kecil-kecil dan berkadar tinggi terkonsentrasi sepanjang jalur gunung api di kawasan Filipina, Indonesia, dan Jepang. Potensi emas aluvial terbesar ditemukan di Afrika Selatan yang berumur pra-Kambrium dan membentuk endapan konglomerat.

Kondisi geologi Indonesia berbeda antara kawasan Barat dan Kawasan Timur. Kondisi geologi kawasan barat dicirikan dengan mineralisasi timah putih, mineralisasi Pb-Zn, dan porfiri Cu-Mo/Au. Sedangkan dikawasan timur dicirikan oleh nikel, kobalt, dan porfiri Cu-Au.

Akibat negatif dari konsentrasi geologis, timbul konflik/peperangan. Perang Jerman-Perancis (1760-1767), memperebutkan wilayah endapan batubara di wilayah Saarland, dimana batubara sangat diperlukan untuk menggerakkan industri di kedua negara setelah revolusi industri. Jepang dan Amerika Serikat memperebutkan ladang minyak dalam Perang Dunia II (1939-1945), di Asia Tenggara. Pendudukan Uni Sovyet di Afganistan (1979) dimaksudkan untuk kepentingan pembangunan jaringan pipa minyak ke tepi Samudera India. Perang Peru-Ekuador (Januari 1996) untuk merebut endapan emas di perbatasan. Ketegangan di Laut Cina Selatan,

disebabkan potensi endapan minyak dan gasbumi di Kepulauan Spratley. Ketegangan Indonesia-Malaysia akibat penemuan endapan minyak bumi di Ambalat. Bila diperhatikan sejarah umat manusia, konsentrasi endapan mineral, batubara dan minyak telah menimbulkan penjajahan, terutama setelah revolusi industri.

Akibat dari perbedaan konsentrasi geologi ini, menimbulkan perdagangan, investasi, dan industri pengolahan mineral. Pada tahun 1989, perdagangan komoditas mineral seluruh dunia mencapai US \$ 141,894 miliar, dan meningkat tajam pada tahun 2006 mencapai US \$ 637.410 miliar. Pada tahun 1998, nilai ekspor mineral Indonesia mencapai US \$ 1,8 miliar, meningkat menjadi US \$ 11,6 miliar pada tahun 2009 (Kompas 28 Desember 2009).

Konsentrasi Negara Pengolahan

Pengolahan mineral dimaksudkan untuk meningkatkan kadar mineral dari tambang dalam bentuk bijih yang terdiri dari bijih mineral logam, mineral gang, dan batuan induk menjadi produk setengah jadi, produk logam murni yang dapat diterima oleh pasar/konsumen, melalui pabrik pengolahan "processing plant" dengan kaidah meningkatkan perolehan logam murni dengan ongkos serendah-rendahnya. Umumnya pabrik pengolahan ini menerima umpan dalam bentuk konsentrat sehingga negara produsen bahan tambang memiliki nilai tambah yang rendah.

Potensi sumberdaya mineral di negara berkembang lebih besar dari negara maju. Berdasarkan perkiraan penulis (berdasarkan data United States of Geological Survey, 2008), produksi beberapa mineral logam dari negara berkembang pada tahun 2006 mengalami kenaikan seperti tembaga naik dari 58,9% menjadi 71,13%, bijih besi 44,70% menjadi 67,78%, timah hitam 33,3% menjadi 58,65%, nikel 49,3% menjadi 79,75% bila dibandingkan dengan kondisi tahun 1989 (Tabel 1).

Tabel 1.
Kontribusi Pengadaan Mineral Dunia 1989 dan 2006 (%)

No.	Jenis Mineral (Tambang dan Olahan)	1989		2006	
		Negara Berkembang	Negara Maju	Negara Berkembang	Negara Maju
1.	Bauksit (mine)	67,4	32,6	57,22	42,78
	Alumina	36,4	63,6	41,8	58,2
	Aluminium (processing)	21,1	78,9	21,1	78,9
2.	Tembaga (mine)	58,9	41,1	71,13	28,87
	Tembaga (smelter)	43,8	56,2	16,00	84,00
	Tembaga (refinery)	30,6	69,4	Tidak ada data (tad)	tad
3.	Bijih besi	44,7	55,3	67,78	32,22
	Besi baja	15	85	46,24	53,76
4.	Timah hitam (mine)	33,3	66,7	58,65	41,35
	Timah hitam (smelter)	27,5	72,5	37,90	62,10
5.	Nikel (mine)	49,3	50,7	79,75	20,25
	Nikel (processing)	40,6	59,4	32,90	67,10
6.	Timah (mine)	89,9	10,1	98,30	1,70
	Timah (processing)	76,0	24,0	95,70	4,30
Sumber data		UNINDO 1989		USGS 2008, diolah kembali	

Dari kebutuhan negara maju sebesar 2/3 produksi dunia, 60% lebih berasal dari negara berkembang, berarti 90% dari produk ekspor negara berkembang. Akibat dari konsumsi yang tinggi ini, di negara maju terjadi konsentrasi negara pengolahan mineral "processing concentration countries". Pada tahun 2006, terjadi penurunan kapasitas pengolahan mineral di negara maju bila dibandingkan dengan tingkat pengolahan 1989. Negara maju mengolah bauksit menjadi alumina 58,2%, aluminium murni 78,9%, smelter tembaga 84%, besi baja 53,76%, timah hitam 62,10%, dan nikel 67,10%.

Penyebabnya, negara maju menguasai teknologi pengolahan mineral dari hulu hingga hilir, menguasai penambangan mineral ditempat operasi penambangan di berbagai negara, dan memiliki kapasitas pembangkit tenaga listrik berlebihan yang diantaranya dibangkitkan dengan nuklir. Pemindehan lokasi pengolahan mineral di mulut tambang atau ditempat lain yang berdekatan dengan negara produsen mineral juga tidak mudah. Jika diperhitungkan nilai tambahnya, maka nilai tambah ekspor mineral negara berkembang hanya 30% dari yang seharusnya apabila mineral tersebut diolah sendiri, menjadi ingot, logam murni dan sebagainya. Dari nilai tambah, hasil industri logam manufaktur, sebuah kendaraan buatan Jerman, yang memerlukan metal yang sama jumlahnya dengan kendaraan buatan dalam negeri, maka negara maju memperoleh nilai tambah berlipatganda.

Sebaliknya, negara berkembang hanya mengkonsumsi 10% dari produk dunia. Kepincangan ini disebabkan industri negara berkembang terbatas, belum maju, dan tidak mampu bersaing. Konsumsi negara berkembang juga rendah, sebagai contoh pembangunan sarana jaringan transmisi tenaga listrik yang memerlukan kabel tembaga untuk tegangan rendah atau kabel campuran besi aluminium untuk tegangan tinggi terbatas, pengembangan sarana kereta api yang memerlukan baja mundur bila dibandingkan dengan masa kolonial, dan taraf hidup masyarakat rendah.

Penyebab negara maju menguasai pengolahan mineral, karena mereka pelopor usaha pertambangan, dan berpengalaman menguasai teknologinya. Bahkan perkembangan perekonomian negara tersebut diawali dengan pertanian, perkebunan, industri pertanian (pupuk posfat, kapur pertanian) dan industri berat yang memerlukan mineral dan energi. Pemindehan lokasi pengolahan dan pemurnian ke negara berkembang tidaklah mudah. Industri pengolahan dan pemurnian mineral didirikan setelah dilakukan evaluasi dan perhitungan yang cermat dan rinci dari berbagai aspek.

Pengolahan dan pemurnian konsentrat tembaga di dalam negeri di Indonesia juga menghadapi kendala ketersediaan tenaga listrik, dan konsumsi tembaga dalam negeri minimal 100.000 ton, sedangkan konsumsi nasional masih 40.000 ton. Pada tahun 1996, pabrik pengolahan konsentrat tembaga dibangun di Gresik dengan nilai investasi US\$ 500 juta dengan kapasitas produksi katoda tembaga 200.000 ton/tahun yang memerlukan konsentrat tembaga dari Tembapapura dan Batu Hijau sebanyak 660.000 ton/tahun. Sejak 2006, kapasitas terpasang di Gresik telah mencapai 570.000 ton/tahun katode tembaga dengan bahan baku 1.900.000 ton/tahun konsentrat tembaga. Kandungan tembaga dalam konsentrat yang dihasilkan dari Tembapapura dan Batu Hijau mencapai 800.000 ton, Artinya "recovery" pabrik smelting di Gresik mengolah 71% konsentrat tembaga. Hasil katode tembaga dipasarkan di dalam negeri dan negara ASEAN. Hasil lain adalah asam sulfur. Sedangkan produksi emas dan perak, penulis belum memperoleh data. Namun industri ini tidak termasuk pengolahan dan pemurnian yang diatur menurut UU No. 4 Tahun 2009, melainkan peraturan dan perundang-undangan perindustrian. Nilai tambah industri ini adalah memberikan kesempatan kerja dan negara memperoleh pajak. Pajak diperoleh bila perusahaan memperoleh keuntungan dan gaji karyawan melebihi pendapatan batas kena pajak. Oleh karena itu pemerintah perlu evaluasi keuntungan atas industri pengolahan dan pemurnian di dalam negeri.

Akhirnya dapat disimpulkan bahwa produsen pertambangan, umumnya hanya dapat memasarkan hasil tambangnya sebagaimana permintaannya. Kalau konsumen minta konsentrat tembaga, tidak mungkin diberikan plat tembaga. Kendala lain, pengolahan konsentrat tembaga, bauksit menjadi alumina, alumina menjadi aluminium, bijih nikel menjadi nikel matte atau feronikel diperlukan tenaga listrik yang sangat besar.

Konsentrasi perusahaan

Jika dilihat dari sejarah perkembangan usaha pertambangan modern, negara-negara maju merupakan pelopor usaha penambangan, pelopor pengolahan mineral dan juga pelopor eksplorasi mineral. Praktis negara maju menguasai perusahaan pertambangan dari hulu-hilir dan termasuk transportasi. Negara maju juga pembuat dan pemilik kapal tongkang untuk mengangkut hasil penambangan. Kenyataan, perusahaan pertambangan, pengolahan mineral, dan pemurnian dikuasai oleh beberapa perusahaan tertentu yang berasal dari negara maju sehingga terbentuk konsentrasi

perusahaan "company concentration". Hal ini disebabkan usaha pertambangan bersifat kompleks, diperlukan modal, sumber energi tenaga listrik, teknologi sehingga sedikit pendatang baru dalam pertambangan. Perusahaan baru, biasanya bergerak pada tahapan eksplorasi, bila menemukan areal prospek biasanya dijual ke perusahaan besar atau kerja sama modal sedangkan manajemen finansial dan operasional akan dikuasai oleh investor besar. Sebagian besar perusahaan eksplorasi mineral terkonsentrasi di Kanada.

Konsentrasi perusahaan pertambangan juga menimbulkan integrasi keatas ("vertical integrating"), dimana kegiatan hulu-hilir dikuasai oleh perusahaan tertentu. Contoh BHP Minerals, menghasilkan tembaga, emas, baja, migas, batu bara, dsb., ALCOA (Aluminum Company of America) dengan kantor pusat di Pittsburgh yang menguasai industri penambangan bauksit dengan kapasitas produksi 2000 juta ton, produsen alumina, produsen smelting aluminium, industri bahan bangunan aluminium, lembaran aluminium untuk industri pesawat terbang, industri alat dapur dsb. Falcon Bridge Ltd dari Kanada yang bergerak pada usaha penambangan besi, batubara, emas, tembaga, industri baja, kerangka jembatan baja, baja rel kereta api, plat baja, baja tahan karat dsb. Reynold Wrap, perusahaan pertambangan, industri kimia, baterai litium dan industri alat tulis. Baterai litium dan pengolahan mineral tanah jarang, memerlukan teknologi tinggi dan dilindungi sebagai kekayaan intelektual.

Demikian juga halnya dengan perusahaan-perusahaan yang menanam modal dari eksplorasi, eksploitasi dan pengangkutan konsentrat di Indonesia sejak kontrak karya pertambangan generasi II sd generasi VII, umumnya berasal dari negara maju dan pemain konvensional seperti Rio Tinto, Newmont, BHP Mineral, Billiton yang mempunyai jaringan luas mendunia, menjalin erat kerja sama antar perusahaan sehingga terbentuknya Multy National Corporation (MNC). Perusahaan tersebut melakukan eksplorasi hampir mencakup seluruh wilayah Indonesia, dan memiliki data dan informasi kekayaan mineral di wilayah Indonesia.

Akibat dari kegiatan perusahaan raksasa tersebut, pengembangan industri mineral juga ditentukan oleh pemilik perusahaan. Contoh, endapan mineral Cu-Au porfiri yang layak tambang dengan kapasitas produksi 15.000 ton bijih perhari di sungai Mak dan Cabang Kiri di Provinsi Gorontalo dengan cadangan 140 juta ton (Cu 0,7%, Au 0,7 ppm) tidak dapat ditambang, karena ditemukan areal mineralisasi yang sama oleh perusahaan yang sama yakni BHP Minerals di Eskondida (Cile, 1983) dengan cadangan 1,8 miliar ton bijih (Endapan Porfiri Cu 0,6%, Mo). Akibatnya modal yang telah dialokasikan untuk

proyek penambangan CU-Au di sungai Mak dipindahkan ke Eskondida. Menurut Gocht (1988), penambangan tembaga porfiri minimal memiliki cadangan 50 juta ton dengan kadar tembaga 0,4%.

PT. Freeport Indonesia yang menambang tembaga di Irian Jaya, bukan perusahaan raksasa dunia. Perusahaan ini termasuk perusahaan kecil dan kebetulan pertambangan Grasberg yang dioperasikannya termasuk tambang tembaga ke-4 dunia dengan ongkos produksi rendah. Dalam meningkatkan produksi tembaganya PT. Freeport ini memperoleh dana dari Rio Tinto dan Sumitomo. Demikian juga halnya dengan pabrik pemurnian PT Smelting Gresik, didirikan dengan sindikasi modal dari PT Freeport Indonesia 25%, Mitsubisi Materials Corporation 60,5%, Mitsubisi Corporation 9,5%, dan Nippon Mining and Metal C.Ltd 5%. Jadi industri ini mempunyai kaitan dengan usaha pertambangan (afiliasi), karenanya diperlukan pengawasan ketat dari pemerintah dalam hal kontrak jangka panjang penyediaan bahan baku konsentrat tembaga dengan pihak industri pengolahan dan pemurnian. Pembelian konsentrat tembaga harus mengikuti harga pasar internasional sebagaimana ketentuan pembelian yang dilakukan oleh pihak industri pengolahan dan pemurnian mineral.

Dilema kepemilikan dan pengawasan

Kenyataan lainnya negara berkembang menguasai cadangan mineral tertentu dengan kapasitas produksi diatas 63%. Pada tahun 2006, cadangan tembaga dari negara berkembang mencapai 79,1% dengan kapasitas produksi 71,13%, cadangan Niobium dari negara berkembang mencapai 97% dengan kapasitas produksi 99,53% sedangkan negara maju, kapasitas produksi rendah (Tabel 2).

Jumlah cadangan mineral logam meningkat karena eksplorasi dan kajian kelayakan penambangan. Problemanya negara berkembang tidak mampu melakukan eksplorasi sumberdaya mineral karena dananya terbatas dan risiko sangat tinggi. Dengan tidak mempunya dana eksplorasi, negara berkembang membuka diri dengan investor asing. Dari sini di mulai timbul dilema baru yakni "dilema to have and to control".

Pihak investor wajib memperoleh hak untuk menambang (right to mine) dan hak memasarkan produk penambangannya (right to market). Kedua hak ini tidak dapat dinegosiasikan, oleh karenanya pendirian industri pengolahan sukar diwujudkan karena mereka mempunyai smelter sendiri di berbagai negara dan diperlukan evaluasi rinci. Selama periode 1967-2008, berdasarkan UU No. 11 Tahun 1967 tentang Pertambangan dan UU No. 1 Tahun 1967 tentang

Tabel 2.
Produksi dan cadangan Mineral Pilihan Tahun 2006 (%).

JENIS MINERAL		NEGARA (%)	
		Berkembang	Maju
1. Bijih Besi	Produksi ; 1.800.000.000 ton	67,78	32,22
	Cadangan ; 150.000.000.000 ton	35,75	64,25
2. Tembaga	Produksi ; 15.100.000 ton	71,13	28,7
	Cadangan ; 490.000.000 ton	79,1	20,8
3. Niobium	Produksi ; 44.500 ton	99,53	0,47
	Cadangan ; 2.700.000 ton	97	3
4. Posfat	Produksi ; 142.000.000 ton	63,5	36,5
	Cadangan ; 18.000.000.000	90,26	9,34
5. Timah	Produksi ; 302.000 ton	98,3	1,7
	Cadangan ; 6.100.000 ton	91,9	8,1

Sumber data USGS January 2008

Penanaman Modal Asing, pertambangan di Indonesia berlaku sistem Kuasa Pertambangan, Kontrak Karya Pertambangan Umum dan Perjanjian Karya Batubara (PKP2B) yang bertujuan agar pemerintah/negara dapat menguasai hak miliknya. Setelah dimulai penambangan negara berkembang kehilangan kemampuan untuk mengontrolnya terutama dalam mengatur percepatan penambangan, produksi, pemasaran, cashflow pendapatan dan sebagainya.

Bila penambangan dilakukan pada cadangan marginal, maka negara pemilik kehilangan bijih mineral, bentang alam berubah, keuntungan perusahaan kecil maka penerimaan pajak rendah, dan negara hanya memperoleh iuran produksi. Penambangan bijih nikel di Soroako (PT. Inco) adalah contoh penambangan bijih nikel marginal yang didirikan karena kasus pemogokan buruh tambang nikel berkepanjangan di Sudbury (Kanada, 1970-1973). Untuk menghindari denda dari pembeli, maka Inco menambang bijih nikel marginal di Soroako, dengan kadar 2,3% Ni. Nikel ini dapat ditambang dan diolah karena memiliki PLTA Larona (600 MW), yang ongkos produksi termurah di dunia yakni Rp 9/Kwh, sedangkan listrik PLN saat itu dijual Rp. 110/Kwh (Majalah Tempo 1 Oktober 1995). Karena tidak memiliki tenaga listrik, PT Pasifik Nickel, PT Indeco dan PT Alcoa mundur.

Negara maju juga memaksa kehendak untuk mengendalikan agar usaha pertambangannya tetap jalan bila harga mineral di pasar internasional rendah. Zaire, negara penghasil tembaga terbesar di Afrika dipaksa untuk devaluasi sebesar 40% nilai mata uangnya pada tahun 1985 sebagai akibat turunnya harga tembaga. Dengan kebijakan ini, perusahaan membayar murah gaji karyawan dan ongkos produksi. Negara Barat juga melakukan embargo total atas Afrika Selatan pada tahun 1980an. Sebaliknya negara maju membeli batubara

Afrika Selatan di pasar gelap. Pada tahun 1986, negara Eropa membeli batubara dari Afrika Selatan dengan harga murah yakni US \$ 24/ton (harga batubara saat itu antara 45-65 US \$/ton).

Konsentrasi Pemodalan.

Modal usaha pertambangan, umumnya berasal dari kerjasama antar perusahaan pertambangan. Selama ini untuk usaha pertambangan sulit memperoleh kredit perbankan. Contoh, pabrik konsentrat tembaga milik PT Freeport dengan kapasitas produksi 300.000 ton perhari dibangun oleh berbagai perusahaan smelter kelas dunia dengan dana sindikasi dari Sumitomo (Jepang), dan Metal Gesselchaft (Jerman). Sumitomo juga bekerja sama dengan industri alat berat Jepang untuk digunakan pada penambangan.

World Bank (WB) pada tahun 1982 hanya mengalokasikan kredit kurang dari 1% untuk kegiatan pertambangan. WB menetapkan proyek pertambangan sebagai proyek yang mudah terguncang (shaky project) sehingga kredit untuk pertambangan sangat ketat dan diberikan untuk proyek yang pasti menguntungkan.

Kondisi perbankan nasional juga sama. Kucuran kredit untuk sektor pertambangan pada periode 1998-1992 sangat rendah yakni kurang dari 0,6% dari jumlah alokasi kredit. Hal ini disebabkan pemerintah melakukan pengetatan uang ("tight money policy") dengan suku bunga deposito antara 18-20% yang dilakukan akibat rendahnya harga minyak bumi (US\$ 10 - 12 perbarel). Pada tahun 1992, kredit pertambangan dari perbankan nasional mencapai Rp. 605 miliar (0,59%) dari total kredit Rp. 101.669 miliar. Akibatnya pemegang KP Batubara juga melakukan pengumpulan dana untuk modal kerja secara kekeluargaan. Sedangkan pertambangan tembaga, emas dan batubara di danai oleh perusahaan induknya

Tabel 3.
Alokasi Kredit Perbankan Indonesia 2006-2007 (Rp. Miliar)

No.	SEKTOR	2006	2007
1.	Pertanian dan saran pertanian	41.698	53.386
2.	Pertambangan	10.235	20.726
3.	Perindustrian	177.138	194.683
4.	Listrik, Gas dan Air	5.214	7.723
5.	Kontruksi	32.751	43.026
6.	Perdagangan, restoran dan hotel	154.668	200.435
7.	Pengangkutan, pergudangan dan komunikasi	25.876	33.008
8.	Jasa dunia usaha	74.785	100.462
9.	Jasa sosial	10.140	11.447
10	Dan lain lain	222.447	271.281
	Jumlah	754.952	936.177

Sumber ; Harian Kompas 19 Januari 2008, Bisnis Keuangan halaman 21

Tabel 4.
Kredit Untuk Pertambangan 2009 (Triliun Rupiah)

Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt
31,725	28,999	30,433	29,079	26,383	28,381	29,532	34,560	33,364	33,683

Sumber : Harian Kompas 28 Desember 2009

seperti Riotinto, Newmont, BHP Minerals, British Petroleum, Sumitomo, dan sebagainya.

Selama periode 1997-2005, alokasi kredit untuk usaha pertambangan tidak dimungkinkan, karena pemerintah melanjutkan proses konsolidasi dan penataan kembali struktur industri perbankan nasional. Namun pada tahun 2006, diluncurkan kredit untuk pertambangan sebagian besar untuk pertambangan batubara. Pada tahun 2006, kredit perbankan nasional untuk pertambangan mencapai Rp. 10.235 miliar (1,35%) dari total kredit mencapai Rp. 754.952 miliar dan meningkat pada tahun 2007 mencapai Rp. 20.726 miliar (2,21%). Jumlahnya sangat terbatas dan sangat ketat.

Namun bila dibandingkan dengan periode 1988-1992, kredit perbankan untuk pertambangan meningkat dengan tajam. Hal ini disebabkan banyaknya perusahaan pertambangan batubara dengan fasilitas penanaman modal dalam negeri memasuki tahap konstruksi dan produksi (Tabel 3).

Pada tahun 2009, kredit perbankan sektor pertambangan meningkat menjadi 2,44% dari jumlah kredit perbankan nasional (Tabel 4). Oleh karenanya dalam menghadapi kebutuhan dana dalam rangka penyediaan sarana pengolahan dan pemurnian seperti yang diatur dalam Undang-Undang No. 4 Tahun 2009, Pemerintah/ Kementerian Keuangan dan Bank Indonesia perlu menerbitkan peraturan yang mengatur tentang perkreditan untuk pertambangan secara khusus.

Konsentrasi Teknologi

Gejala lain yang timbul dalam bisnis industri mineral adalah terkonsentrasinya teknologi penambangan, teknologi pengolahan, teknologi eksplorasi dan teknologi peralatan modal yang dikuasai oleh industri negara maju, seperti Amerika Serikat, Jerman, Inggris, Australia, Rusia, Polandia dan sebagainya. Terkonsentrasinya teknologi di negara maju tersebut berhubungan dengan konsentrasi negara pengolahan, konsentrasi perusahaan, konsentrasi modal. Hal ini juga disebabkan, perusahaan pertambangan juga berasal dari negara maju, akibatnya digunakan peralatan dari negara maju yang menguasai teknologi pertambangan.

Contoh sederhana dalam konsentrasi teknologi, pabrik pengolahan semen yang dibangun saat ini kapasitas produksi minimal 2,3 juta ton semen pertahun. Pabrik semen dengan kapasitas 250.000 ton seperti pabrik semen Gresik I dan Indarung I, pada saat ini tidak diminati oleh investor. Akibatnya sangat sukar membangun pabrik semen skala kecil di Pulau Sumbawa, Maluku, dan Papua. Demikian juga halnya dengan penggunaan teknologi penambangan di Bukit Asam atas rekomendasi konsultan Bank Dunia juga tidak menggembirakan. Dengan menggunakan peralatan Bwe, penambangan batubara di Bukit Asam berpotensi kehilangan batubara 0,5 m dibagian atas dan 0,5 m di bagian bawah. Tingkat kehilangan batubara pada suatu lapisan batubara yang diperkenankan 5 cm bagian atas dan 5 cm bagian bawah.

Permasalahan monopoli dan oligopoli

Suatu hal sangat menarik dikaji dalam industri pertambangan adalah terbentuknya monopoli dan oligopoli serta kartel pada industri pertambangan secara alamiah. Hal ini disebabkan gejala/fenomena yang dibahas diatas. Di tingkat negara berkembang dan negara maju, terbentuk organisasi negara pengekspor mineral seperti OPEC, APTC, CIPEC, IBA, INSG dan sebagainya.

Daya saing didefinisikan sebagai pasar dengan sejumlah pemasok dalam saingan bebas, dimana setiap pemasok menjual barang yang sama dan tidak mempengaruhi harga. Oligopoli adalah pasar dengan sejumlah kecil pemasok yang membentuk organisasi yang mana pemasok-pemasok tersebut akan mendikte harga. Monopoli adalah pasar dengan satu pemasok, tidak dipengaruhi faktor daya saing dan mendikte harga. Faktor lain yang mempengaruhi pemasaran adalah ciri perusahaan yang terlibat dalam pasar yang menentukan harga produk. Untuk mengetahui lebih rinci tentang kemungkinan pendirian pabrik pengolahan dan pemurnian mineral dan batubara serta minyak bumi, terlebih dahulu dijelaskan tentang struktur industri pertambangan seperti fenomena-fenomena dalam industri mineral, organisasi produsen komoditas mineral, studi komoditas mineral, dan kerjasama negara-negara berkembang.

Pembentukan asosiasi negara penghasil mineral disebabkan kejengkelan negara penghasil dari negara berkembang terhadap permasalahan to have and to control atas sumberdaya mineral yang mereka miliki. Pendirian asosiasi inipun ditantang dengan berdirinya asosiasi negara konsumen mineral. Akibatnya negara berkembang gagal untuk mengontrol sumberdaya yang dimilikinya. Tampaknya asosiasi yang berhasil untuk mengontrol produksi adalah OPEC, itupun tidak terlalu lama. Setelah tahun 1986, negara industri juga mampu menekan negara OPEC dalam distribusi minyak bumi dunia. Jika harga minyak bumi naik, maka negara maju memiliki sumberdaya energi alternatif. Demikian juga halnya bila harga timah tinggi, mereka memiliki substitusi dengan material lainnya.

KEMUNGKINAN PENGOLAHAN DAN PEMURNIAN

Indonesia saat ini merupakan negara penghasil barang tambang diantaranya timah, emas, nikel matte, feronikel, konsentra tembaga, bauksit, batubara, minyak bumi dan gas bumi. Penambangan emas dengan mineral ikutan perak yang ditambang di Cikotok, Cikidang, Gunung Pongkor (Bogor), Gosowong

(Halmahera) dan bekas tambang emas yang telah tutup seperti Ratatok di Sulawesi Utara, Kelian (Kalimantan Timur) dan Gunung Muro di Kalimantan Tengah serta bekas tambang emas kecil lainnya seperti Lebong Tandai, Gunung Pani, Montrado, Pulau Kidak Lubuk Linggau, Sungai Raya, Wetar dan sebagainya telah melakukan pengolahan dengan menghasilkan bullion emas di dalam negeri, dan selanjutnya dimurnikan di Unit Pemurnian Logam Mulia PT Aneka Tambang. Demikian juga halnya dengan penambangan timah telah melakukan pengolahan di dalam negeri. Demikian juga halnya bijih timah, telah dilakukan pengolahan di dalam negeri.

Bijih nikel, ditambang di kawasan Indonesia Timur seperti di Soroako, Pomala, Pulau Gebe, Buli dan sebagainya. Indonesia pernah melakukan eksplorasi bijih nikel secara besar-besaran di Sulawesi, Halmahera, Pulau Gag, dan Pegunungan Cyclop di Papua. Dari eksplorasi tersebut, ditemukan endapan bijih nikel berukuran sedang sampai besar oleh PT Pasific Nickel Indonesia yang menemukan bijih nikel di Pulau Gag, Pulau Waigeo di Pegunungan Cyclop. PT Pacific Nickel melakukan kajian kelayakan tambang di Pulau Gag yang menyimpulkan tidak dapat dilakukan pengolahan di lokasi bijih karena tidak memiliki sumber energi. Untuk membangun pembangkit listrik BBM, diperlukan ongkos sangat mahal yakni US\$ 700 juta pada tahun 1978 dan melambung menjadi US\$ 2.000 juta pada tahun 1981. Kenaikan ini disebabkan kenaikan harga minyak bumi dari US\$ 1,1/barel pada tahun 1973 menjadi US\$ 30/barel pada tahun 1978. Dilain pihak pemerintah tidak mengizinkan ekspor biji mentah oleh perusahaan asing. PT Indeco yang menemukan bijih nikel di Gebe dan Buli (dengan metoda aeromagnetik yang dikombinasikan dengan metode geologi), tidak dapat mengolah di lokasi penambangan akibat tingginya harga BBM pada periode 1975-1981.

PT Inco yang menambang bijih nikel di Soroako, menghadapi permasalahan pembangkit tenaga listrik akibat krisis energi 1970an akibat Perang Arab-Israel 1973. PT Inco beruntung memiliki sumber air sehingga PT Inco membangun PLTA Larona untuk mengolah bijih nikel menjadi nikel matte sebanyak 45.000 ton/tahun. PT Inco harus menunggu hingga tahun 1988 untuk memperoleh keuntungan. Bekas wilayah yang ditinggalkan oleh PT Indeco, selanjutnya diambil alih oleh PT Aneka Tambang. BUMN ini menambang bijih nikel di Gebe dan Buli, dan diekspor ke Jepang dalam bentuk bijih mentah. Pada era 1990an, bijih nikel dari Halmahera dikirim ke Pomala untuk diolah menjadi feronikel.

Pada tahun 1969, PT Alcoa memperoleh kontrak karya pertambangan dengan luas

500.000 km² (20% wilayah Indonesia) di berbagai wilayah Indonesia. Perusahaan ini menemukan bauksit sebanyak 10 lokasi dengan cadangan sebesar 1.300.000.000 ton dengan kadar rata-rata 30% Al₂O₃ dan 7,4% SiO₂, termasuk cadangan tertambang sebesar 800 juta ton di Tayan dengan kadar 40-43% Al₂O₃ dan 2-4% SiO₂. Hasil kajian kelayakan tambang pada tahun 1992, diperlukan biaya US\$ 3.000 juta untuk membangun smelter di Asahan yang dilengkapi dengan pembangkit tenaga listrik. Alasan utama mundurnya pembangunan smelter ini karena tidak mendapatkan dukungan finansial baik dari perbankan maupun dana sindikasi. Saat ini Tayan menjadi KP PT Aneka Tambang, Pada tahun 2007, direncanakan akan dibangun smelter dengan harga US\$ 2.000 juta dengan sumber dana dari Rusia.

PENUTUP

Berdasarkan fenomena-fenomena industri mineral, terdapat kecenderungan negara maju sangat keberatan dengan pembangunan pengolahan dan pemurnian mineral di lokasi penambangan atau di wilayah negara penghasil mineral. Berdasarkan kajian kelayakan pertambangan terhadap kemungkinan pengolahan bijih nikel dan bauksit, pelaku usaha pertambangan menghadapi masalah tenaga listrik sehingga perusahaan tersebut mundur.

Penambangan bijih tembaga di Indonesia di ekspor dalam bentuk konsentrat, bila dimurnikan dalam negeri maka diperlukan tenaga listrik yang besar, sedangkan pemerintah RI tidak mampu

menyediakan listrik yang bermutu untuk industri mineral. Namun, pengolahan dalam negeri atas konsentrat tembaga di Gresik telah mencapai 1,9 juta ton dengan menghasilkan tembaga katoda sebesar 570.000 ton. Sedangkan kandungan tembaga dalam konsentrat dari Tembaga-pura dan Batu Hijau mencapai 800.000 ton (USGS, 2008).

Dengan diberlakukannya kewajiban, pengolahan dan pemurnian di dalam negeri, diperlukan evaluasi menyeluruh terhadap kegiatan pertambangan di Indonesia sehingga dalam penyusunan peraturan pemerintah akan sempurna dan dapat dijalankan untuk kepentingan kemakmuran rakyat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Dr.Ir. Bambang Tjahjono S, M.Sc yang memberikan saran, data tambahan, pemikiran, ide dan meluangkan waktu untuk pembahasan bersama-sama serta memberi semangat untuk dipresentasikan. Terima kasih kepada Ir. Calvin Karo-Karo Gurusinga M.Sc, yang mendorong untuk dipresentasikan dalam Geoseminar Pusat Survei Geologi. Terima kasih juga disampaikan kepada rekan-rekan pengelola dan peserta Geoseminar Pusat Survei Geologi yang memberikan kesempatan kepada penulis untuk mempresentasikan makalah ini. Terima kasih juga disampaikan untuk Ir. Rahardjo Hutamadi yang meluangkan waktu untuk membaca dan memberi saran penyempurnaan. Juga ucapan terima kasih kepada Ir. Denni Widiatna dan rekan-rekan pengelola Buletin Sumber Daya Geologi, Pusat Sumber Daya Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.

ACUAN

Gocht, WR., Zantop, H., Eggert, RG., 1988, International Mineral Economic, Mineral Exploration, Mine Valuation, Mineral Markets, International Mineral Policies, Springer Verlag Berlin Heidelberg 1988.

[http : //www. Smelting.co.id](http://www.Smelting.co.id), 2009, PT Smelting Gresik Copper Smelter and Refinery.

Katili, J.A., 1979, Peranan pemerintah dalam manajemen sumber mineral, Majalah Survei dan Pemetaan No. 13/IV/1979.

Sarno Harjanto, 1996, Potensi dan prospek beberapa jenis bahan galian industri di Indonesia, Direktorat Sumber Daya Mineral Bandung.

Silitoe, R.H., 1994, Indonesian minerals deposits-introductory comments, comparisons and speculation, Journal of Geochemical Exploration, Volume 50-NOS.1-3 March 1994, Elsevier.

US Geological Survey, 2008, Mineral Commodity Summaries 2008, United Government Printing Washington

Van Leeuwen, T.M., 1994, 25 Years of minerals exploration and discovery in Indonesia, Journal of Geochemical Exploration, Volume 50-NOS.1-3 March 1994, Elsevier.

M., 1994, 25 Years of minerals exploration and discovery in Indonesia, Journal of Geochemical Exploration, Volume 50-NOS.1-3 March 1994, Elsevier.

MENULIS MAKALAH ILMIAH GEOLOGI

Oleh:

Bambang Tjahjono Setiabudi
Kepala Bidang Sarana Teknik
Pusat Sumber Daya Geologi

SARI

Menulis makalah ilmiah geologi adalah bagian dari proses berkomunikasi untuk menyampaikan gagasan, model geologi dan arti penting hasil penelitian geologi. Makalah ini memberikan beberapa catatan tentang penulisan bagian-bagian dari makalah ilmiah dan menjelaskan filosofi, tujuan dan substansi dari masing-masing bagian. Kesalahan umum dalam penulisan makalah untuk penerbitan jurnal dan buletin geologi dikemukakan. Disamping itu, aspek plagiarisme dan gaya penulisan juga dibahas secara singkat. Komunikasi yang efektif melalui makalah ilmiah yang baik dapat meningkatkan kualitas penelitian penulisnya.

ABSTRACT

Writing a geological paper is a part of communication processes for conveying scientific ideas, geological models and significance of results of geological research. This paper provides several notes on how to write sections of a technical paper and describes about the philosophy, purposes and substance of the sections. General errors made in previous papers submitted for geological journals and bulletins are presented. In addition, aspects of plagiarism and writing styles are briefly discussed. Effective communication by a clearly written paper may improve the author's research quality.

PENDAHULUAN

Seperti halnya ilmu pengetahuan lainnya, geologi pada dasarnya memerlukan proses dan tempat berkomunikasi. Ilmu pengetahuan geologi tidak akan berkembang jika tidak dikomunikasikan, baik secara lisan maupun dalam bentuk tulisan. Oleh karena itu bakat dan kemampuan teknis berkomunikasi sangat diperlukan bagi para ahli geologi dalam menulis dan mengemukakan gagasan dan hasil penelitian ilmiahnya. Belajar menulis ilmu pengetahuan dengan baik bukan hanya berkaitan dengan komunikasi yang baik, tetapi juga tentang bagaimana menjadi peneliti yang baik (Yates, et al., 2005). Komunikasi yang efektif dari suatu karya tulis ilmiah sangat tergantung pada kemampuan peneliti dalam menganalisa, mengevaluasi dan mempresentasikan data hasil penelitian kedalam bentuk tulisan atau teks yang dilengkapi dengan peta, grafik, tabel, gambar, foto atau bentuk visual lainnya.

Masalah utama yang berkaitan dengan hal ini adalah rendahnya tingkat produktifitas dan kualitas peneliti dan ahli geologi dalam kegiatan penulisan makalah ilmiah geologi. Masalah teknis yang lebih spesifik dan sering dijumpai meliputi kemampuan peneliti dalam menuangkan ide dan hasil pemikirannya, terutama kemampuan menyajikan data hasil penelitian, evaluasi data (pembahasan atau diskusi), dan pengambilan kesimpulan.

Meskipun beberapa metoda dan petunjuk penulisan makalah ilmiah telah tersedia pada saat ini (Glover, 1993; Ashby, 2000; Agam, 2009; Ernst, 2009) tetapi faktanya masih banyak dijumpai kesalahan dan kekurang-mampuan peneliti geologi dalam membuat makalah geologi. Makalah ini membatasi ruang lingkup masalah pada kesulitan dan kesalahan yang sering dihadapi penulis pemula dalam membuat makalah ilmiah baik untuk kepentingan seminar, pertemuan ilmiah, maupun untuk keperluan penerbitan jurnal atau buletin ilmiah. Kesalahan dalam penulisan makalah geologi seringkali berkaitan dengan kurangnya pemahaman terhadap substansi masalah dan arti penting solusi yang harus disampaikan. Tulisan ini tidak dimaksudkan untuk menggantikan tata cara penulisan makalah yang sudah ada sebelumnya, tetapi lebih bersifat komplementer atau melengkapi pedoman penulisan yang ada sebelumnya, serta untuk menjadi bahan diskusi bagi ahli kebumihuman dalam pembuatan makalah ilmiah geologi.

Makalah ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas penulisan makalah ilmiah geologi dan mendorong ahli geosains untuk membuat karya tulis ilmiah, baik makalah untuk dipresentasikan dalam suatu seminar maupun makalah yang akan diterbitkan pada jurnal dan buletin ilmiah.

MENGAPA MENULIS MAKALAH ILMIAH GEOLOGI

Penulisan makalah ilmiah geologi pada umumnya bertujuan untuk menyampaikan hasil penelitian dan penyelidikan geologi di berbagai forum komunikasi ilmiah, seperti seminar, simposium, konferensi, pertemuan ilmiah tahunan, forum diskusi, dsb. Makalah ilmiah tersebut biasanya diterbitkan dalam bentuk buku *proceeding*, yang merupakan kumpulan hasil kegiatan organisasi atau kelompok asosiasi ilmuwan tertentu. Selain itu makalah ilmiah geologi seringkali juga ditulis untuk berkomunikasi melalui berbagai penerbitan ilmiah, termasuk jurnal, buletin, atau majalah ilmiah lainnya. Oleh karena itu, gagasan atau ide yang ingin disampaikan merupakan hal pertama yang penting sebelum penulisan makalah dimulai. Gagasan ilmiah yang akan ditulis bisa berupa metoda atau teknik baru dalam melaksanakan penelitian dan penyelidikan geologi (model), hasil penelitian dan penyelidikan geologi (fakta baru), atau interpretasi baru baik berdasarkan data primer maupun data sekunder hasil penelitian sebelumnya (evaluasi).

Hal kedua adalah bahwa gagasan atau hasil penelitian yang baik akan memberikan kontribusi bagi ilmu pengetahuan jika disampaikan di media dan masyarakat ilmiah yang tepat. Topik penelitian geologi hanya menarik dan bermanfaat bagi penelitian selanjutnya jika dipresentasikan pada seminar, jurnal atau buletin kebumihan (geosains) yang tepat karena akan dibaca dan mendapatkan tanggapan dari para ahli di bidang geologi. Dengan mengetahui karakter suatu penerbitan geologi (jurnal, buletin), penulis makalah dapat beranggapan bahwa calon pembaca makalahnya memiliki latar belakang di bidang geosains yang memadai.

Hal ketiga adalah usaha penulis untuk memenuhi kebutuhan para peneliti geologi (pembaca) yang menjadi konsumen makalah geologi tersebut, seperti data dan informasi yang akurat, lengkap dan jelas. Hal ini perlu dilakukan dengan menganalisa, mengevaluasi data, dan menelaah (*review*) hasil penelitian secara keseluruhan. Analisa dan evaluasi data harus dilakukan dengan baik, karena hal ini akan memudahkan penulis memberikan informasi yang tepat. Kesalahan yang sering terjadi adalah bahwa informasi yang ditulis terlalu banyak dan kurang relevan dengan topik permasalahan, sehingga pembaca makalah membutuhkan waktu lebih lama untuk memahami informasi yang penting dalam makalah tersebut. Dengan memahami ketiga hal tersebut diatas maka peneliti dan penyelidik geologi akan dapat menyajikan informasi geologi hasil penelitian yang relevan, lugas dan memiliki arti penting.

BAGAIMANA MENULIS MAKALAH ILMIAH GEOLOGI

Pada dasarnya menulis makalah ilmiah geologi adalah suatu upaya untuk mengkomunikasikan gagasan ilmiah dan hasil penelitian atau penyelidikan geologi untuk lingkungan peneliti atau ilmuwan baik di bidang yang sama maupun peminat atau pemerhati di bidang kebumihan pada umumnya. Untuk menarik minat pembaca, maka makalah ilmiah geologi harus memuat kejelasan dan arti penting temuannya untuk berbagai aspek geologi, termasuk petrologi, tektonik, struktur, sumber daya geologi, lingkungan geologi, bencana geologi, dsb.

Hal terpenting dalam penulisan makalah ilmiah adalah sistematika penulisan yang teratur. Menurut Mumpton (1990), kebanyakan editor, penilai makalah (technical referees) dan penelaah makalah (critical readers) sependapat bahwa penulisan makalah yang tidak sistematis atau tidak terorganisasikan dengan baik mencerminkan penyelidikan yang tidak terorganisasi dengan baik, dan penyelidikan yang tidak terorganisasi dapat dianggap sama dengan penyelidikan yang buruk dan tidak banyak bermanfaat bagi orang lain. Untuk menulis makalah yang terorganisasi dengan baik, penulis perlu mengikuti format standard yang sering dipakai.

Untuk kepentingan publikasi ilmiah nasional (jurnal dan buletin), format makalah ilmiah pada umumnya terdiri dari : Judul (Title), Nama Penulis (Authors), Sari (Abstract), Pendahuluan (Introduction), Metoda (Methods), Hasil (Results), Pembahasan (Discussion), Kesimpulan (Conclusions), Ucapan Terima Kasih (Acknowledgements) dan Daftar Pustaka (References). Beberapa jenis publikasi ilmiah nasional dan internasional menunjukkan sedikit perbedaan format, yang biasanya disesuaikan dengan karakter publikasi tersebut. Untuk makalah geologi, misalnya terdapat penambahan bab Tataan Geologi (Geological Setting), Geologi Regional (Regional Geology) atau Tataan Tektonik (Tectonic Setting).

Sari (Abstract):

Sari (Abstract) makalah ilmiah ditempatkan pada bagian paling depan (awal), meskipun biasanya bagian ini ditulis paling akhir setelah penulisan makalah selesai seluruhnya. Sari makalah ilmiah ditulis dengan tujuan supaya pembaca dapat mengetahui secara cepat dan tepat substansi yang ada dalam makalah, sehingga dapat memahami relevansinya dengan bidang keahlian pembacanya. Sari diperlukan untuk menarik perhatian pembaca untuk membaca seluruh isi makalah. Menurut seorang editor Bulletin AAPG (Landes, 1966), Sari

merupakan bagian yang paling penting dari suatu makalah, karena dibaca oleh 10 sampai 100 orang lebih banyak dibandingkan pembaca seluruh isi makalah.

Sari berisi berbagai hal penting yang ada pada makalah, termasuk tujuan, metoda, hasil penelitian, interpretasi, implikasi dan kesimpulan utamanya, tetapi tidak berarti mengutip ulang kata-kata yang telah ditulis dalam makalah. Dengan kata lain, Sari adalah bentuk makalah dalam versi yang sangat singkat (200 sampai 250 kata). Kesalahan yang sering ditemukan dalam penulisan Sari adalah pemindahan beberapa kalimat secara utuh dari masing-masing Bab atau Bagian. Sari tidak sama dengan Ringkasan (Summary) atau Kesimpulan (Conclusions), tetapi merupakan pokok-pokok gagasan, metoda dan hasil dari suatu penelitian ilmiah.

Pada acara Seminar atau Konferensi, Sari sering dipakai sebagai acuan untuk menyeleksi kelayakan suatu makalah untuk dipresentasikan secara langsung (oral presentation). Oleh karena itu, Sari merepresentasikan hasil-hasil penelitian yang paling menarik sehingga dapat menarik minat ilmuwan pembaca makalahnya. Untuk keperluan petunjuk dan dokumentasi seminar atau konferensi, sari dapat dikompilasi dalam bentuk buku Sari Makalah atau buku Proceeding.

Pendahuluan (Introduction) :

Bab Pendahuluan bertujuan untuk menjelaskan arti pentingnya topik makalah, dan permasalahan kegeologian yang diteliti, serta hipotesa, metoda atau model geologi yang akan dibahas dalam kaitan dengan pemecahan masalah tersebut. Dalam Bab Pendahuluan, pembaca makalah harus bisa diyakinkan tentang pentingnya penelitian tersebut. Untuk makalah teknik, ada tiga hal penting yang seharusnya ditulis dalam Bab Pendahuluan (Claerbout, 1995), yaitu : tinjauan (review), pernyataan (claim) dan agenda (agenda). Tinjauan umumnya berupa studi pustaka dan latar belakang topik penelitian yang dibahas, seringkali merupakan kelanjutan permasalahan dan hasil penelitian sebelumnya. Bagian kedua berupa pernyataan, yang menjelaskan arti penting makalah kita, teori atau hipotesa yang akan dipergunakan untuk memecahkan permasalahan penelitian. Pernyataan merupakan bagian penting pada pendahuluan, yang menjelaskan tentang kontribusi makalah untuk ilmu pengetahuan. Sedangkan agenda adalah bagian terakhir dari pendahuluan, yang menjelaskan tentang hal-hal yang akan dibahas dalam makalah untuk menjawab permasalahan yang ada.

Tataan Geologi (Geological Setting) :

Dalam penelitian dan penyelidikan geologi, penjelasan tentang Tataan Geologi seringkali dianggap penting untuk memberikan pemahaman kondisi geologi regional dan lokal,

terutama litologi, struktur dan stratigrafi. Meskipun demikian, data dan informasi geologi sebaiknya ditulis secara singkat dan harus berkaitan dengan hasil penyelidikan dan diskusi tentang masalah yang sedang dibahas. Kesalahan yang sering terjadi adalah banyaknya informasi yang tidak relevan dengan masalah penelitian yang dibahas. Selain itu juga banyaknya data sekunder tentang geologi dari sumber pustaka lama yang telah mengalami perubahan.

Metoda (Methods) :

Metoda penelitian atau penyelidikan menjelaskan tentang cara pengambilan data, teknologi yang dipakai, serta teknik pengolahan data. Untuk makalah yang membahas geokimia dengan eksperimen di laboratorium, tahapan analisa kimia perlu dijelaskan secara rinci, mulai preparasi contoh sampai pengukuran, termasuk jenis peralatan, tingkat presisi dan akurasi. Demikian pula dengan penelitian geofisika, perlu dijelaskan mengenai spesifikasi peralatan dan tata cara pengambilan dan pengolahan data. Jika memakai metoda yang telah ada sebelumnya, maka penulis perlu mencantumkan sumber pustaka dimana metoda penelitian tersebut pernah dipergunakan. Jika metoda yang dipakai adalah hasil eksperimen dan pengembangan metoda sebelumnya, maka penulis perlu menjelaskan urutan tahapan prosesnya secara lebih lengkap. Didalam membahas metoda penelitian, penulis tidak perlu membahas tentang fungsi peralatan analitik, hasil analisa dan hasil penyelidikan lainnya.

Hasil Penelitian (Results) :

Hasil penelitian atau penyelidikan geologi menjelaskan tentang data geologi primer dan hasil analisa laboratorium. Hasil penelitian dilaporkan dalam bentuk tulisan, tabel dan grafik, serta bentuk ilustrasi lainnya. Data hasil penelitian dipilah-pilah, diolah dan disajikan secara lengkap, jelas dan akurat untuk memudahkan pembaca memahami informasi tersebut. Masalah yang berkaitan dengan data hasil penelitian dan penyelidikan dapat dijelaskan pada bagian ini. Tetapi interpretasi terhadap data sedapat mungkin dihindari, atau jika ditulis harus dapat dibedakan terhadap data yang sebenarnya.

Pembahasan (Discussion) :

Interpretasi terhadap hasil penelitian dan penyelidikan dapat dijelaskan pada bagian Pembahasan atau Diskusi. Bagian ini memuat alasan-alasan geologi yang dipakai penulis dalam menjelaskan hasil-hasil analisa, termasuk perbedaan dengan hasil penelitian sebelumnya, evaluasi terhadap pola atau tren data, serta implikasi atau arti penting interpretasi penulis

untuk kemajuan ilmu pengetahuan geologi. Interpretasi ini perlu dikaitkan dengan pertanyaan, masalah dan hipotesa yang telah dijelaskan pada bab pendahuluan. Untuk keperluan obyektifitas dalam pemecahan masalah, penulis dapat menyampaikan beberapa alternatif interpretasi, tetapi pada akhirnya perlu memilih interpretasi yang paling rasional. Dengan demikian akan terbuka peluang untuk mengembangkan ilmu pengetahuan pada masa mendatang.

Kesalahan yang sering ditemukan adalah masih adanya penulisan data hasil penyelidikan, yang seharusnya ditulis pada bab sebelumnya (bab Hasil Penelitian). Untuk makalah yang bersifat telaahan (review), seringkali dijumpai adanya pendapat peneliti terdahulu yang ditulis ulang tanpa perbandingan pendapat penulis. Hal ini mengakibatkan hasil telaahan hanya bersifat kompilasi saja, tanpa disertai kritik dan evaluasi dari penulis makalah. Pendapat dan penjelasan yang berasal dari penulis makalah seharusnya dapat dibedakan dengan pendapat peneliti sebelumnya. Selain itu, penulis makalah geologi pada umumnya memakai model geologi yang telah ada sebelumnya tanpa modifikasi sedikitpun, meskipun model yang diacu tidak tepat. Bahkan masih sangat jarang penulis yang membuat model geologi sendiri untuk menjelaskan hasil penelitiannya. Seharusnya ide dan model geologi dari penulis makalah dapat menjadi bahan diskusi yang menarik dan mungkin akan menjadi topik penting dalam penelitian geologi selanjutnya.

Kesimpulan (Conclusions) :

Penulisan hal-hal penting pada bab Kesimpulan bukan merupakan penulisan ulang atau ringkasan hal-hal yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, tetapi lebih bersifat pendapat akhir dari penulis yang merefleksikan kesimpulan evaluasi terhadap hasil penelitian. Bab Kesimpulan pada umumnya meliputi hal-hal penting yang perlu diingat oleh pembaca setelah membaca makalah ilmiah tersebut. Selain itu secara khusus, sebagai manfaat dan dampak dari hasil penelitiannya, penulis dapat menjelaskan implikasi dari hasil penelitian dan penyelidikan, serta kemungkinan penerapannya untuk pengembangan geologi pada masa mendatang.

Daftar Pustaka (References) :

Setiap makalah ilmiah selalu menyertakan sejumlah literatur yang dipakai untuk mendukung analisa dan evaluasi data penelitian. Literatur tersebut ditulis dalam Daftar Pustaka, Acuan, atau Bibliografi. Format penulisan Daftar Pustaka bervariasi tergantung pada format jurnal atau buletin. Selain untuk menunjukkan variasi bahan bacaan yang dipakai, literatur pada Daftar

Pustaka penting karena memudahkan pembaca mencari sumber kutipan pendapat atau sumber data yang ada pada makalah tersebut.

Ada dua kesalahan yang sering terjadi dalam menulis Daftar Pustaka. Kesalahan pertama, referensi kutipan dalam makalah tidak tercantum dalam Daftar Pustaka. Seharusnya, setiap publikasi yang diacu pada teks, gambar atau tabel dicantumkan pada Daftar Pustaka. Kesalahan kedua menyangkut relevansi publikasi dalam Daftar Pustaka. Dalam Daftar Pustaka, penulis tidak boleh mencantumkan publikasi yang tidak disitir didalam makalah. Untuk menghindari kesalahan tersebut, penulis perlu memeriksa Daftar Pustaka, sebelum dan sesudah makalah diedit dan dikoreksi oleh editor jurnal atau buletin.

PLAGIARISME, KUTIPAN (PARAPHRASING) DAN REFERENSI

Masalah plagiarisme sering dijumpai pada penulisan makalah yang diterbitkan oleh jurnal atau buletin ilmiah. Hal ini dapat terjadi karena kompetensi penulis makalah yang tidak memadai, baik dalam hal pengetahuan geologi maupun keterampilan dalam tata cara pengutipan dan penyebutan sumber referensi. Untuk menghindari plagiarisme, penulis makalah sebaiknya mengutip pendapat, ide atau hasil penelitian orang lain dengan cara menulis dengan kata-kata sendiri (paraphrasing), yang berbeda dari tulisan aslinya, dan menyebutkan sumber referensinya (nama penulis dan tahun). Untuk pengutipan yang berasal dari bahasa asing, penulis makalah sebaiknya menterjemahkan secara bebas, bukan kata per kata, tanpa mengurangi arti secara keseluruhan dan tidak menyimpang dari konteksnya.

Referensi menyangkut beberapa hal, diantaranya: mengutip pendapat dan data penelitian terdahulu (termasuk teks, gambar dan tabel), menulis ulang (paraphrase) hasil penelitian terdahulu, dan meringkas hasil penelitian terdahulu. Referensi penting dan perlu dilakukan karena pendapat ahli yang memiliki reputasi yang baik dapat mendukung argumentasi penulis makalah. Data yang dikutip dari literatur atau publikasi yang memiliki reputasi yang baik dapat dimanfaatkan untuk mendukung dan meyakinkan argumentasi penulisnya. Dengan menyebutkan sumber referensinya, selain menghindari plagiarisme, penulis dapat meningkatkan kualitas hasil penelitiannya.

GAYA PENULISAN MAKALAH GEOLOGI

Salah satu tahapan penting dalam penelitian dan penyelidikan geologi adalah penulisan hasil penelitian dan penyelidikan baik dalam bentuk (format) laporan, makalah (paper) yang akan

dipresentasikan dalam suatu seminar, ataupun makalah ilmiah untuk keperluan penerbitan jurnal atau buletin ilmiah. Dalam pembuatan makalah ilmiah geologi untuk penerbitan ilmiah (Jurnal, Buletin, Prosiding, dll), gaya penulisan meliputi kejelasan (clarity), keringkasan (concision) dan menarik (elegance) (Glover, 1993). Hasil penelitian geologi seringkali bersifat deskriptif. Ahli geologi perlu menulis secara jelas mengenai data dan informasi yang ingin disampaikan. Keringkasan tulisan berarti singkat dan komprehensif, memakai sedikit kata tetapi dapat menjelaskan banyak hal. Editor jurnal ingin menghindari pengulangan kalimat yang menghabiskan halaman, pembaca tidak menginginkan kata-kata yang artinya tidak jelas. Tulisan geologi harus menarik perhatian para ahli untuk membacanya, oleh karenanya, makalah geologi harus disajikan secara sederhana tetapi menarik. Gaya penulisan yang elegan berarti menggunakan dan menempatkan kata-kata secara tepat.

Dalam gaya (style) penulisan makalah teknik (Ernst, 2009), hal lain yang perlu diperhatikan adalah :

- 1 menggunakan kalimat aktif, karena subyek memiliki arti yang penting,
- 2 menghindari pemakaian kata ganti orang (saya, kami, kita), dan
- 3 menyusun kalimat yang singkat, agar setiap kata yang dipakai memiliki arti penting yang mendukung penyampaian informasi.

Meskipun gaya penulisan kadang-kadang bersifat sekunder, tetapi menulis secara lebih jelas akan membantu pembaca berpikir lebih jelas dan dapat memunculkan ide yang tidak tampak sebelumnya. Jika makalah ditulis tidak

baik, pembaca tidak akan dapat menangkap ide-ide baik yang ditulis. Menurut Ernst (2009), makalah ilmiah yang ditulis dengan baik akan mencerminkan kualitas penelitian yang baik.

PENUTUP

Menulis makalah ilmiah adalah bagian penting dari kegiatan penelitian dan penyelidikan geologi. Salah satu tujuan utama menulis makalah ilmiah geologi adalah untuk menyampaikan informasi hasil penelitian dan penyelidikan yang memiliki arti penting bagi perkembangan ilmu geologi. Tujuan tersebut dapat tercapai jika informasi geologi ditulis secara jelas, dapat dipahami dan menarik untuk pengembangan penelitian pada masa mendatang. Untuk mencapai tujuan tersebut, penulis makalah perlu memahami dengan baik, tujuan dan substansi yang sesuai dengan bab atau bagian yang ada dalam makalah. Menulis makalah adalah proses memahami filosofi, fakta hasil penelitian, opini, serta menuangkan gagasan penting secara tektual dan visual. Komunikasi yang efektif melalui tulisan yang baik dapat meningkatkan kualitas penelitian penulisnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Ir. Teuku Ishlah dan Ir. Hutamadi atas diskusi dan saran-sarannya.

Terima kasih juga disampaikan kepada Dewan Redaksi dan Editor Buletin Sumber Daya Geologi atas kerjasamanya.

ACUAN

- Agam, R, 2009. Menulis Karya Ilmiah, Yogyakarta. Familia Pustaka Keluarga, 182h.
- Ashby, M., 2000. How to Write a Paper. Engineering Department, University of Cambridge, 38p.
- Claerbout, J., 1995. Scrutiny of the Introduction. <http://sepwww.stanford.edu/sep/prof/intro.html>, 4p.
- Ernst, M., 2009. Writing a Technical Paper. <http://www.cs.washington.edu/homes/mernst/advice/write-technical-paper.html>, 6p.
- Glover, J.E., 1993. Style: an Introduction to Writing for Geologists, Australian Institute of Geoscientists, 56p.
- Landes, K.K., 1966. A Scrutiny of the Abstract, II. Geological Notes, Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists, Vol. 50, p. 1992.
- Mumpton, F.A., 1990. The Universal Recipe or How To Get Your Manuscript Accepted By Persnickety Editors. Clay and Clay Minerals, Vol. 38, No. 6, p. 631-636.
- Yates, S.J., Williams, N. and Dujardin, A.F., 2005. Writing geology : Key communication competencies for geoscience. Planet No. 15, p. 36-41.

Actinolite

Mineral monoklin berwarna hijau cerah atau hijau keabuan, termasuk ke dalam grup amfibol; $Ca_2(Mg,Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$. Dapat mengandung mangan. Actinolite merupakan salah satu jenis dari asbestos, terbentuk dalam kristal yang panjang, tipis, menjarum, dan juga berserabut, menyebar, atau kolumnar pada batuan metamorfik

Active Fault

(Sesar aktif) Sesar yang mempunyai pergerakan berulang, biasanya ditandai oleh pemindahan kecil yang berkala atau aktifitas seismik.

Adamantine Luster
(Kilap Adamantin)

Kilap mineral yang brilian, merupakan karakteristik dari mineral dengan indeks refraksi tinggi, seperti berlian dan cerussite.

Adamelite

Sinonim dari kuarsa monzonit (kuarsa 10% - 50% dari mineral felsik, dan rasio plagioklas/total felspar 35% - 65%). Istilah ini pertama kali digunakan oleh Brogger pada tahun 1895; secara resmi digunakan oleh Cathrein pada tahun 1890 untuk orthoclase-bearing tonalite yang terdapat di Monte Adamello, Italia.

Adularia

Mineral bertemperatur rendah sedang yang termasuk ke dalam kelompok Alkali Felspar: $KAlSi_3O_8$. Terlihat seperti monoklin tetapi sebenarnya triklin, berbentuk sempurna, biasanya transparan, tidak berwarna putih susu, berupa kristal pseudo-ortorombik dalam rekahan pada sekis kristalin. Pada umumnya mempunyai kandungan barium yang tinggi.

Base Map
(Peta dasar)

adalah suatu peta yang menunjukkan sketsa tertentu untuk referensi geografis yang memadai, informasi tambahan atau informasi khusus digambar untuk keperluan tertentu; terutama peta topografi yang memuat informasi geologi.

Basement
(Batuan dasar)

- a. Komplek batuan yang mendasari batuan yang diminati pada suatu wilayah.

- b. Kerak bumi yang berada di bawah batuan sedimen sampai ke bidang diskontinuitas Mohorovicic. Pada banyak tempat batuan dasar merupakan batuan beku dan metamorf yang berumur Precambrian, Paleozoikum, Mesozoikum, bahkan Kenozoikum.

Base Metal
(Logam dasar)

Mineral logam utama dari suatu paduan/campuran, seperti tembaga, timbal.

Carbonate (mineral)

Mineral yang penyusunnya dicirikan oleh struktur anion dasar CO_3^{2-} . Kalsit dan aragonit, $CaCO_3$ merupakan contoh dari karbonat.

Carbonate (sediment)

Sedimen yang terbentuk dari presipitasi organik atau inorganik dari larutan karbonat dari kalsium, magnesium, atau besi. Contoh: batugamping dan dolomit.

Carbonation

Suatu proses pelapukan kimiawi yang melibatkan transformasi mineral-mineral yang mengandung kalsium, magnesium, potasium, sodium, dan besi menjadi karbonat atau bikarbonat dari mineral-mineral tersebut oleh karbon dioksida yang terdapat di dalam air.

Carboniferous
(Karbon)

Kombinasi perioda dari Mississippian dan Pennsylvanian, berkisar dari 345 sampai sekitar 280 juta tahun yang lalu. Di Eropa, Karbon dipakai sebagai perioda tersendiri dan terdiri atas dua bagian, yaitu atas dan bawah.

Carbonization

- a. Dalam proses coalifikasi, akumulasi karbon residual karena perubahan pada material organik dan produk dekomposisi.
- b. Akumulasi karbon sebagai hasil penguraian material organik secara lambat di bawah air.

-Penny-

Sumber : Glossary of Geology, American Geology Institute, 1980

Mary Anning

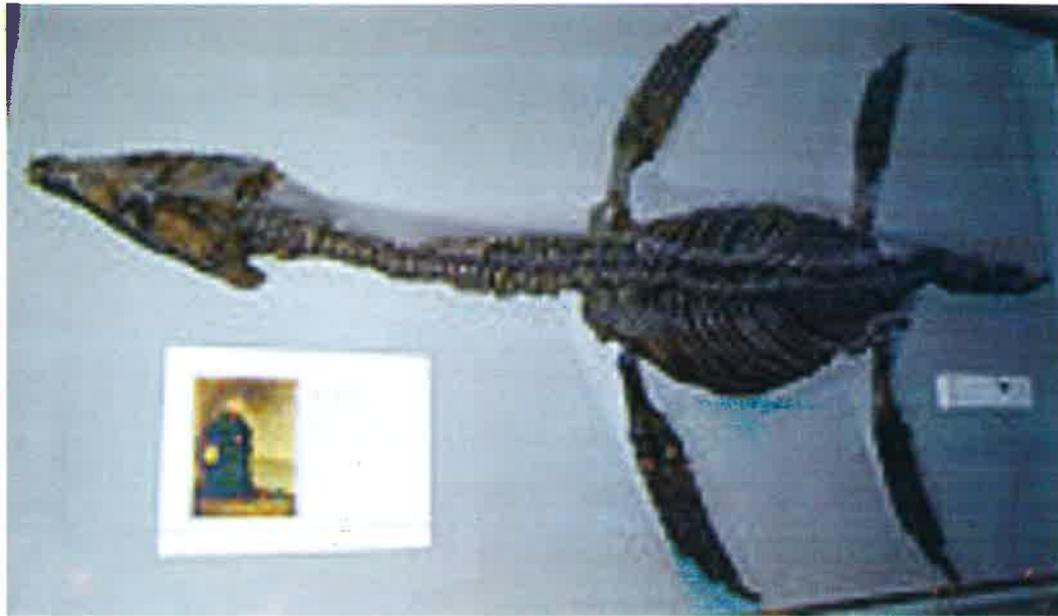


- Lahir : 21 Mei 1799
Lyme Regi, Inggris
- Meninggal : 9 Maret 1847
(pada usia 47 tahun)
Lyme Regis, Inggris
- Pekerjaan : Kolektor fosil dan
paleontologist
- Orangtua : Richard dan Mary Anning

Mary Anning lahir di lingkungan pantai di selatan Inggris, di suatu kota bernama Lyme Regis. Ia dikabarkan mengalami suatu keajaiban yaitu pada saat beliau berusia 15 bulan pada tahun 1800 sebuah petir menyambar desa tempat tinggalnya dan mengenai empat orang yang tengah berada di alam terbuka, salah satu dari keempat orang tersebut adalah Mary Anning yang merupakan satu-satunya korban yang selamat sementara tiga orang lainnya meninggal dunia.

Ayah Mary, Richard, adalah seorang pembuat lemari yang mencari pendapatan tambahan dengan cara menggali tebing di pinggir pantai di dekat Lyme Regis untuk mendapatkan lapisan fosil serta menjual fosil-fosil temuannya kepada para turis yang datang. Richard Anning pindah ke Lyme dari Colyton, Devon. Ia menikahi Mary Moore pada 8 Agustus 1793 di Blandford. Di Lyme, pasangan tersebut hidup di rumah dekat jembatan kota dan menjadi pengikut gereja Congregational yang merupakan gereja tempat anak-anak mereka dibaptis. Richard dan Mary mempunyai sepuluh orang anak, tetapi hanya dua diantaranya yang hidup hingga dewasa yaitu Mary dan Joseph. Kedelapan saudaranya yang lain meninggal dalam usia dini. Ketika ayah mereka meninggal pada tahun 1810 dalam usia 44 tahun karena tuberkolosa, keluarga Anning tak lagi mempunyai sumber penghasilan. Semenjak itu Mary dan saudaranya, Joseph mulai mengumpulkan fosil sebagai cara untuk mendapatkan penghasilan.

Mengoleksi fosil merupakan hal yang sedang digemari pada akhir abad 18 dan awal abad 19, awalnya Mary dan saudaranya hanya mengumpulkan fosil untuk mencari nafkah tetapi kemudian koleksi fosil berubah menjadi suatu bidang keilmuan seiring dengan menjadi pentingnya fosil untuk menunjang pemahaman ilmu geologi dan biologi. Anning memenuhi kebutuhan fosil secara komersial dengan cara menjual fosil-fosil yang ditemukannya, pada saat yang sama ia juga mulai bergabung dengan komunitas keilmuan yang kemudian memperbesar minatnya untuk mengoleksi fosil karena hal itu kemudian menjadi sumber penghasilan utamanya.



Gambar 1. Rhomaleosaurus cramptoni yang ditemukan oleh Mary Anning



Gambar 2. Cetakan "Plesiosaurus" macrocephalus yang ditemukan oleh Mary Anning, saat ini terdapat di Muséum national d'histoire naturelle, Paris.



Gambar 3. Kerangka "Plesiosaurus" macrocephalus yang cetaknya terdapat pada gambar 2.

Salah satu fosil penemuan Anning ditemukan tidak lama setelah kematian ayahnya ketika dia baru berumur 12 tahun. Dia menemukan kerangka ichthyosaur yang paling lengkap dari yang pernah ditemukan sebelumnya, yaitu fragmen fosil ichthyosaur yang ditemukan di Wales pada awal tahun 1699. Setahun sebelumnya, saudara laki-laki Mary telah menemukan tengkorak seekor buaya besar. Pada awalnya sisa tengkorak tersebut belum ditemukan, Mary kemudian menemukannya setelah terjadi badai yang mengerosi sebagian tebing dimana terdapat sisa fosil buaya tersebut. Hal tersebut merupakan penemuan yang penting, dan tak lama kemudian diuraikan dalam Transactions of the Royal Society. Mary melanjutkan aktifitasnya dan menemukan dua spesies lain dari ichthyosaur.

Seiring peningkatan reputasinya, Mary menarik perhatian Thomas Birch, seorang kolektor fosil yang kaya. Birch merasa simpati dengan kemiskinan keluarga Anning, ia kemudian menjual beberapa fosil koleksinya untuk disumbangkan kepada keluarga Anning. Mary meneruskan kegiatannya mengoleksi fosil walaupun setelah saudara laki-lakinya mendapatkan pekerjaan sebagai seorang pelapis perabot rumah.

Penemuan penting Mary selanjutnya adalah kerangka plesiosaur pada tahun 1821 yang merupakan jenis pertama yang ditemukan. Fosil tersebut dideskripsi oleh William Conybeare dan dinamakan Plesiosaurus dolichodeirus yang merupakan tipe specimen (holotype) dari spesies tersebut yang juga merupakan tipe spesies dari genusnya.

Mary juga menemukan specimen Dapedium politum, ikan yang siripnya bersinar pada tahun 1828. Dia menemukan fosil penting lainnya yaitu pterosaur, suatu Pterodactylus macronyx (yang kemudian dinamai Dimorphodon macronyx oleh Richard Owen), fosil pertama ditemukan di luar Jerman dan diduga merupakan kerangka fosil pertama yang terlengkap.

Ketiga fosil tersebut merupakan penemuan yang mencatat nama Mary Anning dalam sejarah, dan ia terus mengumpulkan fosil selama sisa hidupnya, membuat banyak kontribusi berikutnya untuk paleontologi. Mary Anning juga adalah orang yang memperhatikan bahwa fosil yang dikenal dengan "bezoar stones" kadang ditemukan dalam daerah perut kerangka ichthyosaur. Ia juga mencatat bahwa jika "bezoar stones" rusak dan terbuka, maka di dalamnya banyak ditemukan fosil tulang-tulang ikan dan terkadang tulang ichthyosaur kecil. Penyelidikan Anning ini menuntun seorang geolog yang bernama William Buckland untuk menamakan batuan tersebut "coprolites" pada tahun 1829.

Pada tahun 1830 Mary kembali mengalami kesulitan finansial, seorang geolog Henry De la Beche membantunya dengan menyumbangkan hasil penjualan lukisan Duria Antiquior yang berisi fosil-fosil yang Anning temukan. Pada usia akhir tigapuluhan, Anning menerima bantuan berupa tunjangan hidup dari British Association for the Advancement of Science sebagai penghargaan atas jasa-jasanya. Mary Anning meninggal dalam usia 47 tahun karena kanker payudara, setelah beberapa bulan sebelumnya ia diangkat menjadi anggota kehormatan oleh Geological Society of London.



Foto 1. Kegiatan penambangan timah putih plaser di daerah P. Bangka yang mengandung mineral logam langka (Sabtanto, 2006).

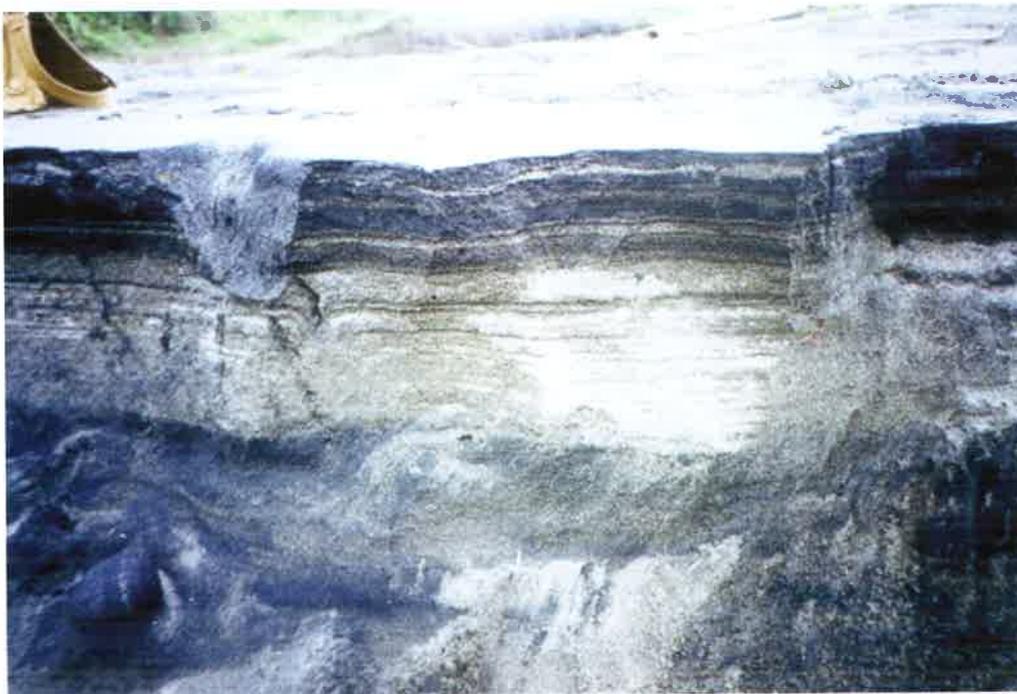


Foto 2. Singkapan lapisan endapan pasir besi titan di pantai Cieurih Desa Jayagiri, Kecamatan Sindangbarang, Kab. Cianjur. (Deddy TS, 2003).



Foto 3. Stock Pile bijih mangan, di daerah Taniamanu, Timor Tengah Utara (Nandang S, 2007)

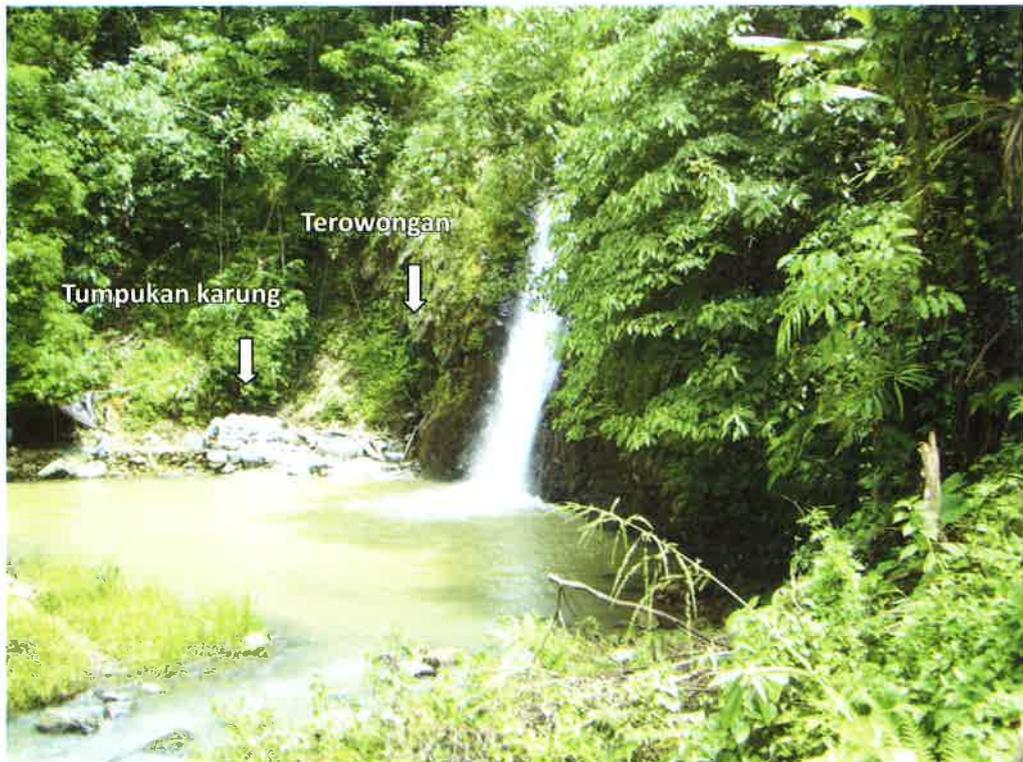


Foto 4. Terowongan penggalian emas, tumpukan karung berisi batuan yang sudah siap angkut dan air terjun yang curam, Kampung Cinangsih, Desa Toblong, Kecamatan Peundey, Kabupaten Garut, (Nandang S, 2005)



Foto 5. Stalaktit di daerah Soroan, Kec. Ayamaru, Kab. Sorong Selatan, Papua Barat (Abdul Fatah Yusuf, 2008)



Foto 6. Lubang bekas penambangan batubara Di Kecamatan Kapur IX, Kabupaten Lima Puluh Koto, Provinsi Sumatera Barat (Rudy G, 2008)



Foto 7. Kolam bekas penambangan pasir kuarsa, Di Kecamatan Membalong, Kabupaten Belitung, Provinsi Bangka Belitung (Wawan, S, 2008)



Foto 8. . Tumpukan pasir dari permukaan sampai kedalaman 2m Di Kecamatan Membalong, Kabupaten Belitung, Provinsi Bangka Belitung (Wawan, S, 2008)

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



eISSN 2580-1023

