

# **buletin** **SUMBER DAYA GEOLOGI**

Volume 1 Nomor 2 - 2006



- Studi Mineralogi Dan Inklusi Fluida Terhadap Mineralisasi Tungsten Emas Siguntu-latupa, Kabupaten Luwu - Sulawesi Selatan
- Pemanfaatan Dan Permasalahan Cebakan Mineral Sulfida Pada Kegiatan Pertambangan
- Potensi Dan Pemanfaatan Zeolit Di Provinsi Jawa Barat Dan Banten
- Pengelolaan Terpadu Pemanfaatan Sumber Daya Panas Bumi Dan Potensi Wisata Danau Ranau



**Pusat Sumber Daya Geologi**



# **buletin** **SUMBER DAYA GEOLOGI**

Volume 1 Nomor 2 - 2006

## **PENGANTAR REDAKSI**

Pembaca yang budiman,

Menulis ide kelihatannya mudah, tuangkan saja apa yang ada di otak dalam bentuk tulisan, maka terbacalah apa ide kita. Akan tetapi menuliskan dengan harapan mudah dimengerti oleh orang lain mungkin hal yang bisa menjadi sulit bagi sebagian orang. Tidak jarang seseorang yang karena membayangkan betapa sulitnya memproduksi tulisan yang enak dibaca, menjadi urung menuliskan idenya. Ide tersebut tetap diotak, bahkan bisa jadi hilang bersamaan dengan waktu. Alangkah sayangnya, ide yang mungkin berguna bagi orang lain dan bisa menjadi tabungan amal kita, sia sia hilang begitu saja. Oleh karena itu berlatih menuangkan ide bisa jadi menjadi sesuatu yang harus kita upayakan.

Makin banyak berlatih maka makin mudah dan makin banyak ide yang tertuang. Tulisan kita, makin lama akan makin enak dibaca. Dengan berlatih, kitapun akan semakin mudah mencari, memilah dan memilih ide yang penting dan berguna bagi banyak orang. Untuk berlatih tentu kita membutuhkan sarana. Nah pembaca, kami menyediakan sarana itu. Buletin kita, Buletin Sumber daya Geologi. Kami menyediakan media ini untuk tempat kita secara sistematis berlatih menuangkan ide tentang segala hal yang berhubungan dengan sumberdaya geologi. Kami mengharapkan tentu saja ide dalam bentuk tulisan ini bisa bermanfaat bagi siapapun yang membacanya. Bahkan kami optimis, suatu saat dari Buletin ini bisa muncul sebuah tulisan yang mampu mengembangkan ilmu tentang sumberdaya geologi itu sendiri. Sebagai tempat kita berlatih, *Buletin Sumber Daya Geologi* terbuka seluas luasnya untuk segala tulisan dan ide yang selaras dengan buletin kita.

Dalam penerbitan kali ini ada sebelas tulisan yang kami suguhkan kepada pembaca. Tulisan yang dimuat beragam, mulai dari potensi berbagai mineral, kajian asal muasal kejadian mineral tertentu, potensi panas bumi hingga spesifikasi peta sumberdaya geologi. Sayangnya makalah mengenai komoditi batubara dan energi fosil lainnya masih belum muncul. Kami mengucapkan selamat kepada penulis atas keberhasilan menuangkan ide secara sistematis kepada pembaca. Kami yakin para pembaca buletin inipun akan mengucapkan terima kasih kepada para penulis yang telah memperkaya pengetahuan mereka dengan berbagi ilmu dan ide yang dimilikinya.

Kami mengundang yang lainnya untuk menyusul.

Selamat menikmati Buletin Kita.

September 2006

### **Penanggung Jawab :**

Kepala Pusat Sumber Daya Geologi

### **Wakil Penanggung Jawab :**

Kepala Bidang Informasi

### **DEWAN REDAKSI**

#### **Ketua**

Agus Pujobroto

#### **Wakil Ketua**

Danny Z. Herman

#### **Anggota**

Kusdarto

Bambang Pardiarso

S.M Tobing

Rahardjo Hutamadi

Herry Sundoro

Siti Sumilah R.S.

#### **Editor :**

Sjafra Dwipa

Herudiyanto

Bambang Tjahjono

Teuku Ishlah

### **DEWAN PENERBIT**

#### **Ketua**

S.S. Rita Susilawati

#### **Anggota**

Ella Dewi Laraswati

Nandang Sumarna

Komaruddin

Candra

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

Alamatkan kepada :  
Redaksi Buletin Pusat Sumber Daya Geologi,  
Sub Bidang Penyediaan Informasi Publik  
Jalan Soekarno Hatta No. 444  
Bandung 40254.  
Telp. (022) 5226270,  
Fax. (022) 5206263  
<http://www.dim.esdm.go.id>;  
<http://portal.dim.esdm.go.id>  
E-Mail = [sismin@dim.esdm.go.id](mailto:sismin@dim.esdm.go.id)

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>MAKALAH ILMIAH</b> .....	<b>2</b>
POTENSI CEBAKAN BIJIH BESI DI KUSAN HULU KABUPATEN TANAH BUMBU, KALIMANTAN SELATAN .....	2
<i>Oleh : Bambang Pardiarto dan Wahyu Widodo Kelompok Kerja Mineral, Pusat Sumber Daya Geologi</i>	
TINJAUAN UMUM POTENSI DAN PEMANFATAN CEBAKAN BIJIH BESI DI INDONESIA .....	10
<i>Oleh : Deddy T. Sutisna kelompok Kerja Mineral, Pusat Sumber Daya Geologi</i>	
HUBUNGAN ANTARA ANOMALI GEOKIMIA DAN GEOFISIKA DENGAN MINERALISASI LOGAM DI DAERAH TEMPURSARI. KECAMATAN TEMPURSARI DAN PRONOJIWO KABUPATEN LUMAJANG, JAWA TIMUR .....	16
<i>Oleh : Wahyu Widodo Kelompok Kerja Mineral – Pusat Sumber Daya Geologi</i>	
STUDI MINERALOGI DAN INKLUSI FLUIDA TERHADAP MINERALISASI TUNGSTEN – EMAS SIGUNTU-LATUPA, KABUPATEN LUWU - SULAWESI SELATAN .....	27
<i>Oleh: Bambang Nugroho Widi Kelompok Kerja Mineral - Pusat Sumber Daya Geologi</i>	
PEMANFAATAN DAN PERMASALAHAN CEBAKAN MINERAL SULFIDA PADA KEGIATAN PERTAMBANGAN .....	36
<i>Oleh : Sabtanta Joko Suprpto Kelompok Kerja Konservasi – Pusat Sumber Daya Geologi</i>	
PERTAMBANGAN TANPA IZIN (PETI) DAN KEMUNGKINAN ALIH STATUS MENJADI PERTAMBANGAN SKALA KECIL .....	40
<i>Oleh : Danny Z. Herman Penyelidik Bumi Madya- Kelompok Kerja Konservasi</i>	
POTENSI DAN PEMANFAATAN ZEOLIT DI PROVINSI JAWA BARAT DAN BANTEN .....	44
<i>Oleh : Herry Rodiana Eddy Kelompok Kerja Mineral</i>	
PENGELOLAAN TERPADU PEMANFAATAN SUMBER DAYA PANAS BUMI DAN POTENSI WISATA DANAU RANAU .....	51
<i>Oleh : Sri Widodo Kelompok Kerja Panas Bumi</i>	
PROSPEK PANAS BUMI DI LINGKUNGAN GRANIT DAERAH KANAN TEDONG - PINCARA, LUWU UTARA, SULSEL .....	58
<i>Oleh : Herry Sundhoro, Bakrun, Edi Suhanto, Dedi Kusnadi, Dendi Surya Kusuma dan Iyus Rustama - Kelompok Kerja Panas Bumi, Pusat Sumber Daya Geologi {PSM}</i>	
SPEKIFIKASI BASIS DATA SERTA PETA SUMBER DAYA GEOLOGI .....	68
<i>Oleh : Rita Susilawati - Bidang Informasi, Pusat Sumber Daya Geologi</i>	
PEDOMAN TEKNIS EKSPLORASI PASIR BESI .....	79
<i>oleh : Tim Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral 2005</i>	
<b>TOKOH DALAM SEJARAH</b> .....	<b>87</b>
<b>GALERI MINERAL</b> .....	<b>88</b>
<b>KAMUS GEOLOGI</b> .....	<b>88</b>

## POTENSI CEBAKAN BIJIH BESI DI KUSAN HULU KABUPATEN TANAH BUMBU, KALIMANTAN SELATAN

Oleh :

**Bambang Pardiarto dan Wahyu Widodo**  
Kelompok Kerja Mineral, Pusat Sumber Daya Geologi

### S A R I

Cebakan bijih besi di daerah Kusan Hulu terdiri dari dua jenis yaitu primer dan laterit. Proses pembentukan bijih besi primer berhubungan dengan proses magmatisme berupa gravity settling dari unsur besi dalam batuan dunit, kemudian diikuti dengan proses metamorfosis/metasomatisme yang diakhiri oleh proses hidrothermal akibat terobosan batuan beku dioritik.

Jenis cebakan bijih besi primer didominasi magnetit - hematit dan sebagian berasosiasi dengan kromit - garnet, yang terdapat pada batuan dunit terubah dan genes-sekis. Asosiasi dengan pirit ditemukan dalam jumlah sedikit. Sedangkan jenis cebakan bijih besi laterit disusun oleh mineral bijih hematit dan goetit, yang dibentuk oleh hasil pelapukan dari batuan piroksenit/peridotit.

Potensi seluruh sumber daya hipotetik bijih besi berjumlah 250.815 ton terdiri atas bijih besi primer sebesar 124.680 ton dan bijih besi laterit sebesar 126.135 ton. Kualitas bijih besi laterit mempunyai kandungan Fe total yang relatif lebih baik (49,45 – 54,89%) dibandingkan bijih besi primernya, namun karena jumlah sumber daya yang sangat sedikit dan pencapaian yang sangat sulit ke lokasi maka potensi bijih besi ini dapat dianggap kedalam kategori belum ekonomis untuk usaha penambangan saat ini.

### A B S T R A C T

*The iron deposit of Kusan Hulu consists of primary and lateritic types. Occurrence of primary deposit had relationship with process of magmatism and formed as gravity settling of iron element within dunite, then it was overprinted by metamorphism/metasomatism and finally ended by hydrothermal process due to dioritic intrusion.*

*The primary iron deposit was composed dominantly by magnetite-hematite and partly associated with chromite-garnet within altered dunite and gneiss-schist, whilst rarely association with pyrite. The lateritic deposit has composition of hematite and goethite resulted by weathering process of piroxenite/peridotite.*

*Potency of entirely hypothetic resources of iron ore was totally 250,815 tones comprising 124,680 tones primary iron ore and 126,135 tones lateritic iron ore. The quality of lateritic ore was expressed by a relatif better total Fe content (49.45 – 54.89%) with comparison to the primary ore, but due to a quite small amount of resources and remote accessibility to its location though the iron ore potency could suggest as category of uneconomic for mining operation in the time being.*

### PENDAHULUAN

Secara administratif, lokasi cebakan bijih besi terletak di Desa Kapayang, Kecamatan Kusan Hulu, Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan (Gambar 1). Beberapa penyelidikan terdahulu yang telah melakukan penelitiannya di daerah ini antara lain :

- H.R Von Gaertner dan D. Wintz (1957) dari Wedextro (West Deuches Ingenieur Buro) melakukan penyelidikan cebakan bijih besi di daerah Sungai Dua dan Gunung Kukusan.
- S. Sastrosugito dan Kochergin, I.A. (1963-1965) melakukan prospeksi dan eksplorasi bijih hematit-magnetit di Kalimantan bagian tenggara .
- E. Rustandi, dkk., 1995 melakukan pemetaan geologi lembar Kotabaru, Kalimantan Selatan dengan skala 1 : 250.000.

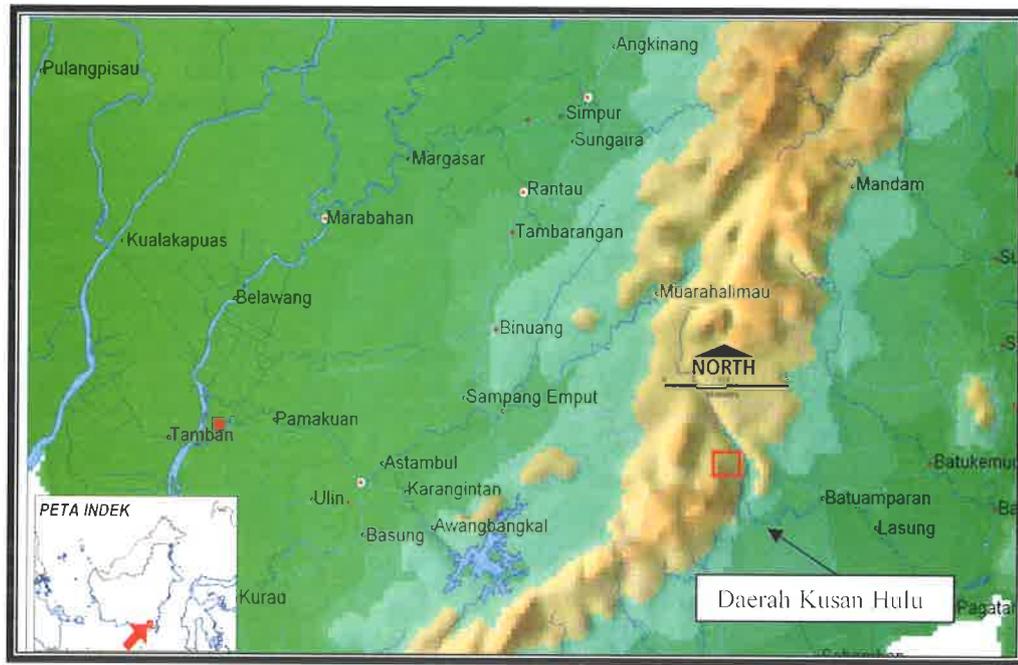
### GEOLOGI UMUM

Secara fisiografi daerah Kusan Hulu berada dalam wilayah Kabupaten Tanah Bumbu, terletak di bagian tenggara P. Kalimantan dibentuk oleh bentang alam perbukitan dan pegunungan. Sedangkan secara

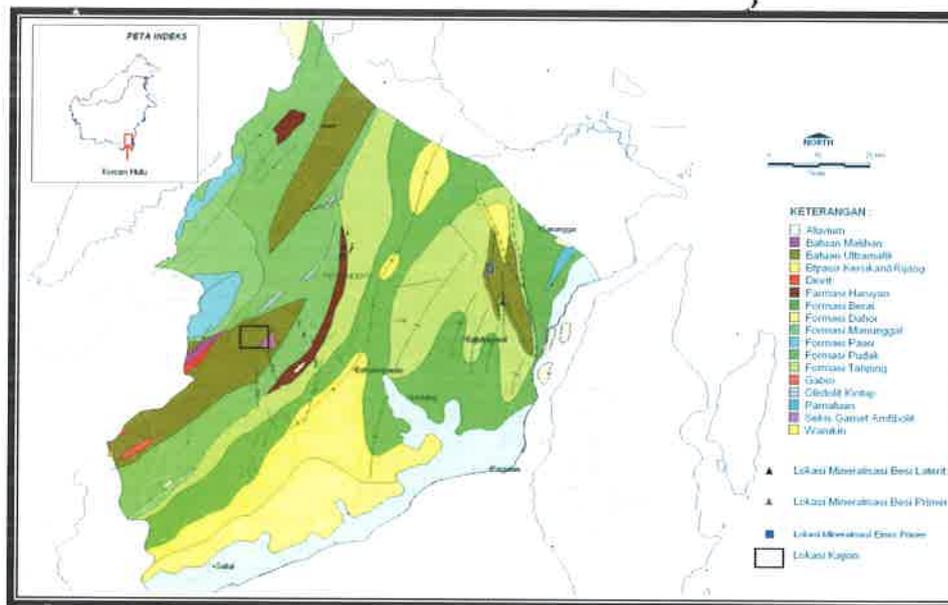
tektonik posisinya menempati cekungan Barito dari sistem fisiografi pegunungan Meratus yang membentang timur laut - baratdaya.

Kegiatan tektonik daerah ini diduga telah dimulai sejak zaman Jura yang mengakibatkan bercampurnya batuan ultrabasa (harzburgit, peridotit, serpentin dan gabro), batuan sekis garnet ampibolit dan batupasir terkarsikan (Gambar 2).

Aktivitas vulkanik Kapur Bawah-Atas menghasilkan beberapa formasi batuan, yaitu : Formasi Haruyan (lava basaltik, berstruktur aliran), Formasi Pitab (perselingan batupasir, lanau, batu lempung, breksi polimik, rijang, batu gamping dan lava basalt), Formasi Batununggal (batu gamping kelabu kehitaman). Kegiatan magmatisme ditunjukkan oleh terobosan batuan granitik yang disebut Granit Batang Alai dan granodiorit, sedangkan pada Kapur Akhir berupa kegiatan terobosan diorit terhadap Formasi Pitab. Secara tidak selaras diatas batuan Pra-Tersier diendapkan batuan sedimen Tersier dari Formasi Tanjung, Formasi Berai, Formasi Warukin, Formasi Dahor dan endapan aluvium.



Gambar 1.  
Peta lokasi cebakan bijih besi di Kusan Hulu, Kab. Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan



Gambar 2. Peta Geologi Regional Kabupaten Tanah Bumbu.

Struktur lipatan berupa antiklin disepanjang pegunungan Meratus dengan sumbu berarah tenggara - barat laut, sejajar dengan struktur ini teridentifikasi sesar naik berarah barat daya - timur laut dengan kemiringan kearah barat laut yang dimulai dari selatan Pleihari kearah timur hingga ke bagian aliran Sungai Sampanahan.

Studi literatur dari data geofisika menunjukkan bahwa antiklinorium Meratus - Samarinda diperkirakan mempunyai kemiringan sumbu berarah umum utara dan secara regional terindikasi berdasarkan jurus batuan

bahwa zona patahan secara umum dapat dibagi menjadi tiga blok yaitu blok utara, tengah dan selatan.

Blok utara telah mengalami pengangkatan pada sayap sebelah barat antiklinorium di sepanjang utara zona sesar dan disebut sebagai zona sesar Tanjung. Blok tengah terletak antara zona sesar Tanjung dan zona sesar Klumpang yang dicirikan oleh munculnya batuan terobosan granitik dan ultrabasa sepanjang zona sesar. Sedangkan blok selatan dicirikan oleh luasnya perkembangan sesar berarah timur laut yang erat kaitannya dengan kompleks batuan terobosan diorit dan ultrabasa.



Sejumlah sesar berarah tenggara - barat laut yang berasosiasi dengan endapan magnetit di wilayah Pleihari dan dapat diamati dari munculnya perpotongan sistim sesar dari semua blok diatas, memberikan peluang untuk menandai kemungkinan keberadaan cebakan bijih magnetit yang potensial didaerah ini.

Didaerah Tanah Bumbu dijumpai struktur berupa antiklin dan sinklin berarah hampir utara -selatan serta struktur sesar turun dan sesar naik yang berarah timurlaut-baratdaya.

### GEOLOGI DAN CEBAKAN BIJIH BESI

Hasil interpretasi dari *Digital Elevation Model* (DEM) menunjukkan bahwa topografi daerah ini relatif curam dengan punggung yang saling berhubungan memanjang arah utara - selatan dimana S. Kusan berada di bagian barat dengan arah aliran ke selatan dan cabang S. Jernih yang mengalir ke timur .

Kenampakan dilapangan memperlihatkan bahwa bentang alam daerah Kusan Hulu didominasi oleh morfologi perbukitan terjal dengan ketinggian mencapai 625 m d.p.l., perbukitan terjal menempati hampir seluruh daerah survei dan menunjukkan peningkatan keterjalan semakin tinggi ke arah utara dengan kemiringan lereng berkisar antara 10 - 45 derajat.

Kenampakan bentang alam berlereng curam umumnya menempati daerah-daerah yang berbatasan dengan lembah sungai sedangkan di beberapa puncak bukit membentuk topografi relatif datar tetapi dengan ukuran tidak terlalu luas, ditumbuhi oleh vegetasi yang sangat lebat dan pohon-pohon relatif besar.

Hasil pengamatan geologi menunjukkan bahwa litologi yang menyusun daerah survei tinjau dapat dibedakan menjadi empat satuan stratigrafi tidak resmi atau satuan batuan, yaitu : dunit, genes - sekis, kuarsit dan piroksenit/ peridotit (Gambar 3), yang seluruhnya diperkirakan berumur Jura.

**Satuan Dunit** : Satuan dunit diperkirakan merupakan batuan tertua didaerah ini, berwarna hijau kehitaman, masih memperlihatkan mineral olivin dengan tekstur foliasi yang dihasilkan oleh pengaruh tektonik, dimana secara fisik terlihat adanya *shear*, gejala serpentinisasi dan sifat magnetik kuat dalam batuan tersebut. Satuan ini mempunyai kontak struktur berarah baratdaya - timurlaut dengan satuan genes/sekis dan mengandung mineral magnetit yang dapat teramati secara megaskopis berupa *stringer* dan lensa-lensa tipis berlapis.

Hasil analisa petrografi dari batuan tersebut menunjukkan bahwa batuan dunit bertekstur holokristalin, berbutir halus - sedang dengan bentuk butir subhedral - euhedral, hipidiomorfik granular, telah terubah dan teridentifikasi adanya rekahan-rekahan berisi serpentin. Susunan mineral terdiri atas olivin (50%), piroksin (8%), serpentin (41%) dan mineral bijih (1%), retakan-retakan pada olivin umumnya terisi oleh serpentin.

**Satuan Genes-Sekis** : Satuan genes - sekis merupakan batuan yang relatif berumur lebih muda diatas satuan dunit, berwarna hijau kehitaman, bertekstur genesose sampai sekistose, kadang terlihat gejala perlapisan mineral mafik. Satuan ini mempunyai kontak struktur berarah baratdaya - timurlaut dengan

satuan dunit dan satuan piroksenit/pridotit. Di sisi kiri S. Kusan bongkah batuan ini memperlihatkan tekstur berlapis dengan sifat kemagnitan sangat tinggi.

Dari pengamatan petrografis, satuan batuan menunjukkan tekstur genesose dengan retakan saling berpotongan yang terisi klorit. Serabut halus klorit membentuk foliasi dan lensa - lensa yang mengelompok, dengan gejala pengaruh tektonik yang jelas berupa *microfold*, komposisi mineralnya terdiri atas klorit (94%), piroksin (5%) dan mineral bijih (1%).

Singkapan batuan sekis juga ditemukan pada cabang kiri S. Kusan, berwarna hijau kehitaman, memperlihatkan struktur foliasi, memperlihatkan gejala struktur dengan serpentinisasi di beberapa tempat serta secara fisik menunjukkan sifat kemagnitan yang tinggi.

Secara petrografis batuan ini disebut sekis piroksin terubah yang menunjukkan tekstur sekistose, hematoblastik, berbutir halus dan bentuk butir hipidioblast, struktur foliasi granular dengan mineral piroksin terserpentinisasi bertekstur bastit. Pada beberapa piroksin terdapat inklusi mineral bijih. Susunan mineralnya terdiri dari piroksin (30%), serpentin (63%), garnet (3%) dan mineral bijih (4%).

**Satuan Kuarsit** : Satuan batuan ini menempati bagian tengah dimana keberadaannya diapit oleh satuan piroksenit/peridotit dan dibatasi oleh struktur sesar berarah baratdaya - timurlaut. Batuan berwarna putih kecoklatan, kristalin, berbutir kasar dengan beberapa rekahan terisi oleh limonit/oksida besi.

**Satuan Piroksenit/ Peridotit** : Satuan batuan ini menempati bagian paling utara dan tersingkap pada bekas jalan perusahaan kayu di daerah Bukit Belah. Secara megaskopis batuan berwarna kelabu-kehijauan dengan gejala serpentinisasi sangat kuat, namun tidak memperlihatkan sifat kemagnitan yang berarti. Batuan telah mengalami gejala struktur sangat kuat, ditunjukkan oleh adanya zona gerusan dengan struktur terkekalkan kuat.

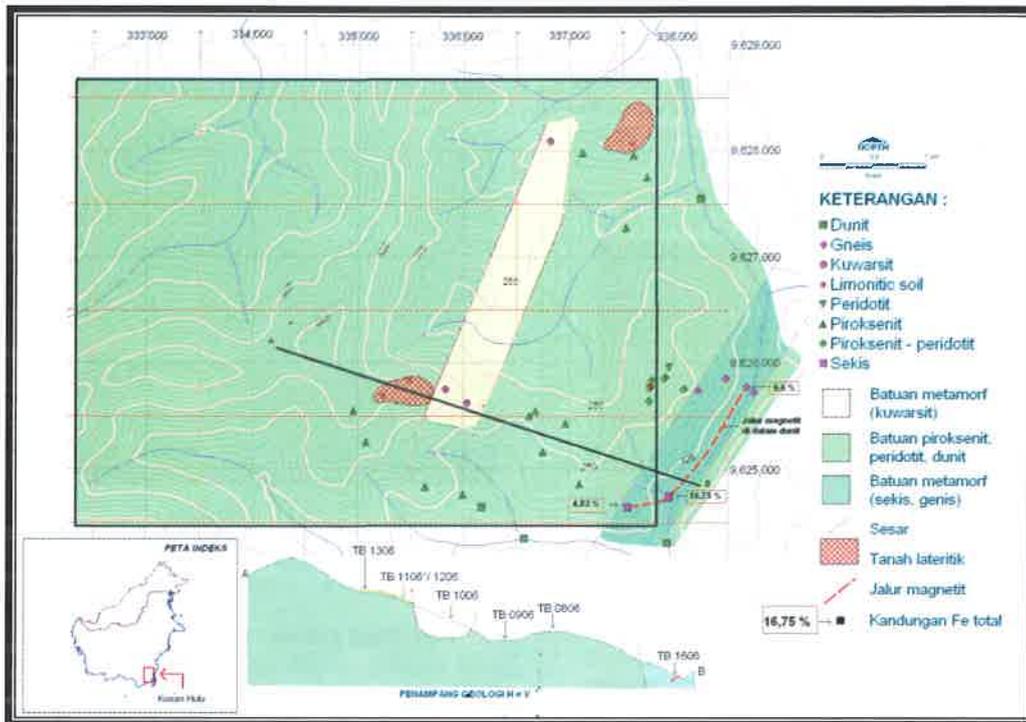
Didaerah puncak perbukitan, batuan piroksenit/peridotit umumnya telah mengalami pelapukan sangat kuat, sehingga pada bagian atas dari beberapa daerah bertopografi relatif datar memperlihatkan gejala lapisan tanah leteritik.

Struktur umum yang dijumpai di daerah ini adalah patahan berarah baratdaya - timurlaut yang merupakan kontak struktur antara satuan genes-sekis dengan satuan piroksenit/peridotit dan dunit sedangkan kekar-kekar pada zona gerusan (*sheared*) dan foliasi yang berkembang pada batuan sekis dan genes.

### CEBAKAN BIJIH BESI

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa cebakan bijih besi yang dijumpai di daerah ini terdiri atas dua jenis yaitu primer dan laterit. Bijih besi primer terdapat dalam satuan batuan dunit dan satuan batuan genes - sekis. Sedangkan bijih besi laterit terdapat dalam tanah lateritik hasil pelapukan batuan piroksenit/peridotit.

**Bijih Besi Primer** : Cebakan bijih besi dari jenis ini ditemukan dalam batuan dunit terubah dan batuan genes - sekis yang terserpentinisasi.



Gambar 3. Peta Geologi Daerah Kusan Hulu, Kab. Tanah Bumbu



Foto 1.  
Kenampakan magnetit berlapis dalam batuan dunit terubah di S, Kusan

Pengamatan mineralisasi di beberapa lokasi menunjukkan adanya sebaran magnetit primer pada batuan dunit terubah yang membentuk jalur sepanjang  $\pm 1,5$  km dengan lebar singkapan  $\pm 10$  m dan beda tinggi antara kedua ujungnya  $\pm 50$  m. Secara megaskopis keberadaan magnetit dalam batuan dunit memberikan kenampakan berupa perlapisan ( Foto 1 ) dengan sifat kemagnitan sangat tinggi bila diuji dengan *magnetic pen*.

Hasil analisis mineragrafi atas dunit terubah mengidentifikasi adanya magnetit, ilmenit dan hematit yang menyebar dalam mineral *gangue* klorit. Mineral bijih mengisi retakan dan sejajar dengan bidang foliasi. Susunan mineralnya adalah magnetit (35%), ilmenit (3%) dan oksida besi (1%). Munculnya bijih besi

sebagai pengisian retakan membawa ke arah dugaan bahwa genesis bijih besi berkaitan dengan proses metasomatik yang kemudian terganggu oleh kegiatan tektonik. Sementara keberadaan magnetit berpori dan oksida besi diperkirakan sebagai akibat proses pelapukan. Dari hasil analisis kimia menunjukkan bahwa bijih mengandung Fe total : 9,60% , Ni : 1800 ppm dan Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 322 ppm.



Foto 2.  
Bongkahan bijih besi pada zona lateritik di daerah Bukit Belah; berupa hematit, mengandung Fe total : 54,89%.

Hasil analisis mineragrafi dalam sekis menunjukkan adanya mineral magnetit (4%) , ilmenit (2%), hematit (8%) dan pirit (1%). Beberapa mineral magnetit berbentuk pola tersebar dalam *gangue mineral* klorit dan tumbuh bersama ilmenit, sedangkan hematit umumnya berbentuk memanjang serupa pipa berasosiasi dengan urat-urat halus . Mineral pirit menyebar dalam *gangue mineral* klorit. Genesis bijih

besi diduga mempunyai kaitan dengan proses metasomatik yang diikuti oleh gejala tektonik berdasarkan penemuan retakan yang diisi oleh kwarsa. Berikutnya proses hidrothermal berlangsung dimana hematit mengisi sebagai urat-urat halus yang memotong foliasi dan munculnya pirit. Sebagai proses akhir yaitu pelapukan telah menghasilkan oksida besi. Hasil analisa kimia menunjukkan kandungan Fe tot : 4,83 %, Ni : 2.100 ppm dan Cr2O3 : 3.098 ppm.



Foto 3.  
Fragmen bijih besi berupa hematit/goetit berukuran granule pada zona laterit B

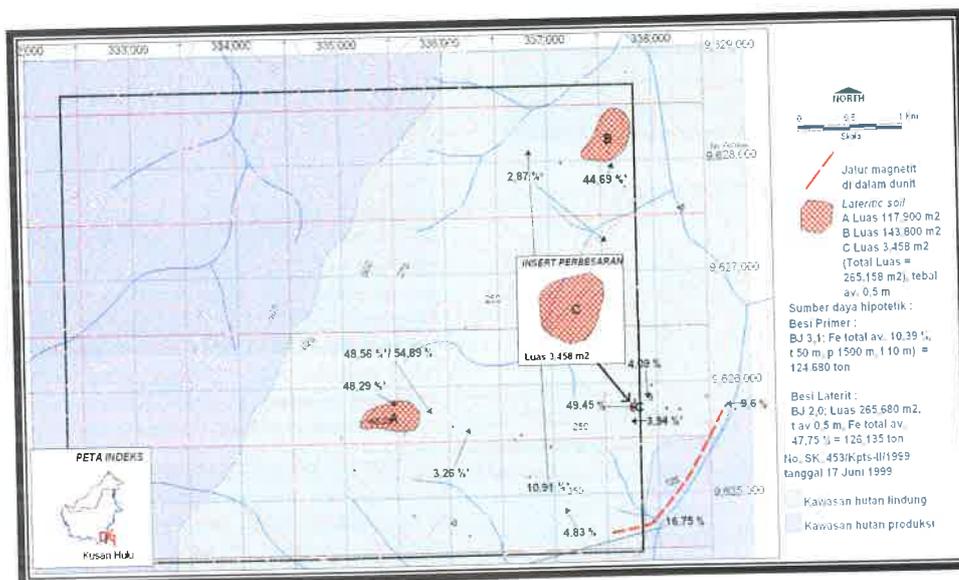
Dalam sekis piroksen berdasarkan analisis mineragrafi menunjukkan adanya mineral kromit (2%), magnetit (29%), garnet (3%) dan hematit (3%). Beberapa mineral kromit diganti (*replaced*) oleh magnetit, dimana magnetit umumnya mengisi urat-urat halus sejajar dan juga berupa serabut memanjang. Terdapat magnetit yang membungkus mineral *gangue* dan sebagian tumbuh bersama dengan hematit. Sebagian mineral hematit terbentuk sebagai serabut-serabut halus dan mengelompok bersama magnetit. Mineral garnet hadir sebagai mineral *gangue* yang dapat dijadikan petunjuk genesa yang berhubungan dengan proses metamorfosa. Inklusi manetit kadang-kadang ditemukan dalam garnet. Hasil analisis kimia

menunjukkan bahwa bijih mempunyai kandungan Fe total : 16,75 %, Ni : 540 ppm dan Cr2O3 : 1.096 ppm.



Foto 4.  
Bongkahan bijih besi berupa hematit/goetit pada zona lateritik, kadar Fe total : 49,45%

**Bijih Besi Laterit :** Cebakan bijih besi ditemukan pada bagian puncak perbukitan dengan kemiringan relatif datar atau kurang dari 10 %. Pada umumnya bijih besi ini berasosiasi dengan batuan piroksenit/peridotit yang telah mengalami pelapukan. Proses pelapukan berjalan secara intensif karena pengaruh faktor-faktor kemiringan lereng yang relatif kecil, air tanah dan cuaca; sehingga menghasilkan tanah lateritik yang kadang-kadang masih mengandung bongkahan bijih besi hematit/goetit berukuran kerikil – kerakal. Tanah lateritik umumnya berwarna coklat – kehitaman dengan ketebalan tanah bervariasi antara 10 – 50 cm. Sebaran tanah laterit secara lateral tidak terlalu luas, karena mengikuti bentuk puncak perbukitan. Di daerah ini telah teridentifikasi adanya tiga zona lateritik yang dapat dibagi menjadi Zona A, Zona B dan Zona C (Gambar 5).



Gambar 5. Peta sebaran bijih besi di daerah Kusan Hulu, Kabupaten Tanah Bumbu

**Zona A** : Di daerah ini zona lateritik ditemukan pada puncak perbukitan sekitar Bukit Belah, berupa bongkah-bongkah bijih besi berukuran 5 – 20 cm (Foto 2). Luas zona lateritik sekitar 117.900 m<sup>2</sup>, dengan ketebalan tanah berkisar 10 – 50 cm. Sebaran bongkahan diperkirakan kurang dari 2%. Bijih besi terdiri atas hematit, goetit dan oksida besi lainnya. Didaerah ini proses pelapukan dari batuan piroksenit/peridotit menghasilkan tanah laterit yang berwarna coklat tua. Hasil analisis kimia beberapa contoh batuan menunjukkan kandungan Fe total : 54,89%, Ni : 3.000 ppm dan Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 11.034 ppm. Sedangkan dari contoh tanah laterit yang diambil pada lokasi yang sama menunjukkan kandungan Fe total : 48,56%, Ni : 4.520 ppm dan Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 9.061 ppm

**Zona B** : Pada daerah puncak perbukitan bagian utara terdapat zona lateritik dengan luas sebaran sekitar 143.800 m<sup>2</sup> dan ketebalan tanah laterit berkisar antara 15 – 50 cm. Pada permukaan tanah sering ditemukan kumpulan bijih besi berukuran *granule* berupa hematit dan goetit (Foto 3). Hasil analisa menunjukkan kandungan Fe tot : 44.69 %, Ni : 3.460 ppm dan Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ; 4.291 ppm.

**Zona C** : Zona laterit ini berada pada lokasi perbukitan yang terletak di sebelah timur zona A dan sebelah selatan zona B, tanah lateritik berwarna coklat kehitaman mengandung bongkahan bijih besi berdiameter 10 – 20 cm terdiri atas hematit dan goetit dengan persentase dibawah 2 % dari luas sebaran tanah lateritnya (Foto 4). Luas tanah lateritik sekitar 3.458 m<sup>2</sup> dengan ketebalan tanah berkisar antara 15 – 25 cm. Hasil analisis kimia dari bongkah bijih besi menunjukkan kandungan Fe total : 49,45%, Ni : 2.220 ppm dan Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 11.765 ppm.

Secara umum cebakan bijih besi yang ditemukan didaerah Kusan Hulu terbentuk sebagai mineralisasi primer, menempati bagian bawah dari sistim geologi daerah ini, sedangkan besi laterit menempati daerah puncak dari sebagian perbukitan dengan kemiringan lereng yang relatif landai.

#### POTENSI SUMBER DAYA

Hasil pengamatan geologi menunjukkan bahwa cebakan bijih besi dapat dibagi menjadi 2 (dua) jenis yaitu besi primer dan besi laterit, dengan sebaran potensi bijih besi seperti ditunjukkan pada Gambar 5.

Bijih besi primer : Hasil pengamatan mineralisasi di daerah ini menunjukkan bahwa bijih besi berupa sebaran magnetit primer pada batuan dunit dan batuan genes-sekis telah membentuk jalur sepanjang ± 1,5 km dengan lebar singkapan ± 10 m dan beda tinggi antara kedua ujungnya ± 50 m. Hasil analisis memperlihatkan kandungan Fe total berkisar antara 4,83 s/d 16,75 % atau rata-rata 10,39 % , sedangkan berat jenis (BJ) batuan ini adalah 3,1. Cebakan dapat dikategorikan sebagai sumber daya hipotetik besi primer dengan kandungan bijih besi sebesar 124.680 ton.

Bijih besi laterit : Cebakan bijih besi laterit berasosiasi dengan tanah berwarna kemerahan (*lateritic soil*) hasil pelapukan batuan piroksenit/peridotit dengan bijih besi berupa kumpulan fragmen berukuran *granule* – *cobble* dari hematit/goetit.

Dari tiga lokasi zona tanah lateritik yang ditemukan masing-masing mempunyai sebaran sebagai berikut : Zona A seluas 117.900 m<sup>2</sup>, Zona B

seluas 143.800 m<sup>2</sup> dan Zona C seluas 3.458 m<sup>2</sup> . Luas total dari zona laterit adalah 265.158 m<sup>2</sup> dengan ketebalan rata-rata 0,5 m. Hasil analisis kimia beberapa contoh tanah lateritik menunjukkan kisaran kandungan Fe total 44,69 s/d 49,45 % atau rata-rata 47,75 %. Berdasarkan asumsi berat jenis (BJ) tanah laterit 2,0 maka sumberdaya hipotetik total berjumlah 126.135 ton.

#### EVALUASI KEBERADAAN BIJIH BESI

Secara umum cebakan bijih besi yang terdapat di daerah Kusan Hulu, Kabupaten Tanah Bumbu terdiri dari dua jenis yaitu bijih besi primer dan besi laterit. Bijih besi primer yang mengandung magnetit dan hematit terdapat dalam batuan induk dunit terubah dan genes – sekis dengan sifat fisik batuan bercirikan sifat kemagnitan yang relatif kuat. Sedangkan jenis bijih besi yang kedua terdiri atas hematit dan goetit dan terdapat dalam tanah lateritik hasil pelapukan dari batuan piroksenit/peridotit. Dari kedua jenis cebakan tersebut teridentifikasi bahwa cebakan bijih besi laterit mempunyai kandungan Fe total lebih tinggi .

#### Genesa Bijih Besi

**Besi Primer** : Genesa terbentuknya bijih besi primer diawali dengan proses *gravitation settling* dari magmatisme yang menghasilkan batuan dunit, dimana konsentrasi magnetit dan asosiasi kromit terbentuk secara bersamaan dengan batuan induk dunit. Kenampakan megaskopis magnetit berlapis dalam batuan dunit memperkuat dugaan proses tersebut (foto 1). Hasil pengamatan mikroskopis adanya pengisian retakan-retakan batuan oleh magnetit mengindikasikan terjadinya kegiatan tektonik setelah pembentukan cebakan primer. Akibat kegiatan tektonik terjadi proses metamorfosa pada batuan ultrabasa, sehingga menghasilkan batuan genes dan sekis dengan ciri kandungan garnet didalamnya. Hal ini mengindikasikan bahwa proses metamorfosa berada pada tahap derajat sedang. Kegiatan hidrotermal merupakan proses paling akhir yang terjadi setelah proses metamorfosa, dimana dicirikan oleh munculnya mineral ubahan berupa serpentin kuarsa yang mengisi retakan batuan dan pengisian rekahan oleh urat-urat kuarsa halus mengandung hematit ± pirit yang memotong foliasi pada batuan sekis.

Proses hidrothermal ini kemungkinan diakibatkan oleh penerobosan batuan diorit yang tidak tersingkap di permukaan, tetapi diduga merupakan bagian dari terobosan diorit yang teridentifikasi secara regional di sebelah barat daya daerah survey tinjau.

**Besi Laterit** : Jenis Cebakan ini merupakan endapan residu yang dihasilkan oleh proses pelapukan yang terjadi pada batuan peridotit/piroksenit dengan melibatkan dekomposisi, pengendapan kembali dan pengumpulan secara kimiawi . Bijih besi tipe laterit umumnya terdapat didaerah puncak perbukitan yang relatif landai atau mempunyai kemiringan lereng dibawah 10%, sehingga menjadi salah satu faktor utama dimana proses pelapukan secara kimiawi akan berperan lebih besar daripada proses mekanik. Sementara struktur dan karakteristik tanah lateritik dipengaruhi oleh daya larut mineral dan kondisi aliran air tanah. Adapun profil lengkap tanah lateritik tersebut dari bagian atas ke bawah adalah sebagai berikut : zone limonit, zone pelindian (*leaching zone*) dan zone saprolit yang terletak di atas batuan asalnya (ultrabasa).

Zona pelindian yang terdapat diantara zona limonit dan zona saprolit ini hanya terbentuk apabila aliran air tanah berjalan lambat pada saat mencapai kondisi saturasi yang sesuai untuk membentuk endapan bijih. Pengendapan dapat terjadi di suatu daerah beriklim tropis dengan musim kering yang lama. Ketebalan zona ini sangat beragam karena dikendalikan oleh fluktuasi air tanah akibat peralihan musim kemarau dan musim penghujan, rekahan-rekahan dalam zona saprolit dan permeabilitas dalam zona limonit.

Derajat serpentinisasi batuan asal peridotit/piroksenit tampaknya mempengaruhi pembentukan zona saprolit, ditunjukkan oleh pembentukan zona saprolit dengan inti batuan sisa yang keras sebagai bentukan dari peridotit/piroksenit yang sedikit terserpentinisasikan; sementara batuan dengan gejala serpentinisasi yang kuat dapat menghasilkan zona saprolit yang relatif homogen.

Fluktuasi air tanah yang kaya CO<sub>2</sub> akan mengakibatkan kontak dengan saprolit batuan asal dan melarutkan mineral-mineral yang tidak stabil seperti serpentin dan piroksin. Unsur Mg, Si, dan Ni dari batuan akan larut dan terbawa aliran air tanah dan akan membentuk mineral-mineral baru pada saat terjadi proses pengendapan kembali. Unsur-unsur yang tertinggal seperti Fe, Al, Mn, CO, dan Ni dalam zona limonit akan terikat sebagai mineral-mineral oksida/hidroksida diantaranya limonit, hematit, goetit, manganit dan lain-lain. Akibat pengurangan yang sangat besar dari unsur-unsur Mg dan Si tersebut, maka terjadi penyusutan zona saprolit yang masih banyak mengandung bongkah-bongkah batuan asal. Sehingga kadar relatif unsur-unsur residu di zona laterit bawah akan naik sampai 10 kali untuk membentuk pengayaan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hingga mencapai lebih dari 72% dengan spinel-krom relatif naik hingga sekitar 5%.

Fakta yang ditemukan di daerah Kusan Hulu menunjang penjelasan tersebut di atas dimana pada daerah laterit Zona A, Zona B dan Zona C, dengan ditemukannya banyak bongkahan dari bijih besi mengandung hematit dan goetit. Dari hasil analisis kimia beberapa contoh tanah dan bijih besi terdeteksi kandungan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> diatas 63 % dan ada peningkatan kandungan Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hingga mencapai 11.034 ppm.

#### PELUANG PEMANFAATAN

Saat ini keperluan bijih besi (berbentuk pelet) untuk pasokan industri baja nasional (PT. Krakatau Steel) masih didatangkan dari negara-negara luar (impor) penghasil bijih besi. Namun demikian di masa depan tidak menutup kemungkinan akan diperlukan bijih besi dari wilayah-wilayah penghasil bijih besi di dalam negeri sebagai umpan pabrik pengolahan bijih besi (*pelletizing*) yang sekarang masih dibangun oleh PT. Krakatau Steel di Cilegon. Keperluan bijih besi untuk umpan tersebut harus mempunyai kandungan minimal Fe total 30-40%. Secara umum kandungan

bijih besi laterit dari daerah Kusan Hulu dapat dimasukkan dalam kategori tersebut, dimana kandungan berkisar antara 49,45 – 54,89% Fe total. Dengan demikian dapat diasumsikan bahwa bijih besi memenuhi persyaratan kualitas tersebut. Kendala timbul dari potensi sumberdaya sebesar 126.125 ton yang dapat dianggap sebagai kuantitas yang sangat kecil untuk jumlah pasokan bahan baku berjangka panjang.

Kemudian dari hasil pengamatan terindikasi beberapa faktor yang membawa ke arah penilaian bahwa cebakan bijih besi di daerah ini belum dalam kondisi layak tambang, antara lain: keberadaan bijih besi laterit yang umumnya menempati pada puncak perbukitan yang tinggi, berada dalam hutan lindung dan ditunjang oleh sulitnya kesampaian ke lokasi tersebut. Sedangkan bijih besi primer diperkirakan mempunyai kendala dalam proses pengolahannya dalam kaitannya dengan: kandungan Fe total yang kecil dan keterdapatannya bijih besi yang masih bersatu dengan batuan induknya; sehingga memerlukan teknologi pengolahan yang tepat dan proses pemisahan yang melibatkan biaya tinggi untuk memperoleh bahan baku bijih besi yang siap pakai. Oleh karena itu hingga saat ini potensi bijih besi yang terdapat di daerah Kusan Hulu dapat diasumsikan belum mempunyai nilai ekonomis.

#### KESIMPULAN

- Bijih besi di daerah Kusan Hulu terdiri dari dua jenis yaitu besi primer dan besi laterit. Proses pembentukan bijih besi primer berhubungan dengan proses, kemudian diikuti dengan proses metamorfosis yang akhirnya disusul proses hidrothermal akibat terobosan batuan dioritik.
- Jenis mineral bijih besi primer didominasi magnetit dan hematit sebagian berasosiasi dengan kromit dan garnet ± pirit pada batuan dunit terubah dan genesekis. Sedangkan mineral bijih besi laterit terdiri dari hematit dan goetit merupakan hasil pelapukan dari batuan piroksenit/peridotit.
- Sumber daya hipotetik bijih besi sebesar 250.815 ton yang terdiri atas bijih besi primer 124.680 ton dan bijih besi laterit 126.135 ton. Kualitas bijih besi laterit ditandai oleh kandungan Fe total yang relatif lebih baik (49,45 – 54,89%) dibandingkan bijih besi primer.
- Kuantitas sumber daya hipotetik masih dalam tingkat sangat kecil/sedikit dan dapat diasumsikan sebagai potensi bijih besi dalam kategori belum ekonomis untuk ditambang saat ini.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada editor yang telah memberikan masukan untuk penyempurnaan tulisan ini.

#### ACUAN

- Bemmelen, R.W. Van, 1949. *The Geology of Indonesia*, Vol. II Economic Geology Government Printing Office, The Hague.
- Busehendorf, F.R. Echantd, F.J. Sindowski, K.It, Walther. H, 1957. *Examination of Ore and Rock samples from Kusakan Mountains (SE-Kalimantan)*, "Wedexro". Dusedldorf

- Heryanto, R.; Supriatna S.; Rustandi E dan Baharudin, 1994. *Peta Geologi Lembar Sampahan, Kalimantan Selatan, skala 1 : 250.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Kochergin, I.A. dan Sastrosoegito S., 1965. *Report on result of prospecting and exploration surveys on hematite-magnetite ores in South eastern part of Kalimantan, January 1963 – May 1965*. Direktorat Geologi Indonesia Proyek Besi Baja Kalimantan (PBBK). Kalimantan Geological Expedition, Contract No. 383.
- Rustandi E, Nila E.S, Sanyoto, P and Margono V, 1995. *Peta geologi lembar Kotabaru, Kalimantan skala 1 : 250.000*, Pusat Pengembangan dan Penelitian Geologi Geologi, Bandung.
- Sikumbang, N, dan Heryanto, R, 1994. *Peta Geologi lembar Banjarmasin, Kalimantan Selatan, skala 1 : 250.000*, Pusat Pengembangan dan Penelitian Geologi, Bandung.
- Simangunsong, H.; 1999. *Potensi endapan bijih besi di Jawa Barat, Lampung dan Kalimantan Selatan*, Direktorat Sumber Daya Mineral (Unpublished Report).

## TINJAUAN UMUM POTENSI DAN PEMANFATAN CEBAKAN BIJIH BESI DI INDONESIA

Oleh :  
Deddy T. Sutisna  
Kelompok Kerja Mineral, Pusat Sumber Daya Geologi

### S A R I

Terdapat empat jenis cebakan bijih besi di Indonesia yakni : Skarn/metasomatik kontak, "placer", laterit dan sedimen.

Cebakan bijih besi skarn terbentuk oleh proses metasomatik kontak, sebagai hasil reaksi magma berkomposisi menengah sampai ultra basa dengan batuan gamping atau bersifat karbonatan. Cebakan bijih terbentuk dengan karakteristik susunan mineral terdiri atas mineral skarn dan mineral bijih sulfida dan oksida; jika dominan disusun oleh mineral-mineral magnetit, hematit, siderit, limonit atau goethit sebagai mineral bijih utamanya maka dapat dikategorikan cebakan bijih besi skarn. Dengan kuantitas mencapai lebih dari 15 juta ton dan kadar total 34%-70% Fe, maka cebakan ini dapat berpotensi sebagai sumber daya bijih besi untuk bahan baku industri besi baja.

Cebakan bijih besi "placer" terbentuk oleh proses pelapukan, disintegrasi dan terakumulasi secara mekanik pada suatu cekungan sedimen. Dengan kuantitas hampir mencapai 159 juta ton dan kadar 34 - 59% Fe serta 5,4 - 23,17% TiO<sub>2</sub> maka berpotensi sebagai sumber daya bijih besi, yang dapat dimanfaatkan untuk bahan baku pembuatan semen dan besi beton

Cebakan bijih besi laterit terbentuk sebagai hasil pelapukan dan dekomposisi dari batuan beku basa atau ultrabasa mengandung unsur besi. Cebakan merupakan akumulasi endapan residu yang dibentuk melalui proses kimiawi atau mekanis dapat mencapai ketebalan signifikan untuk menjadi sumber daya berpotensi ekonomis. Di Indonesia cebakan ini diperkirakan hampir mencapai satu milyar ton.

Cebakan bijih besi dari jenis sedimen berkaitan dengan proses sedimentasi yang melibatkan reaksi kimiawi. Diperkirakan sumber daya total di seluruh Indonesia mencapai lebih dari 1 juta ton.

### A B S T R A C T

*There were four types of iron ore deposits in Indonesia comprising skarn/contact metasomatism, placer, laterite and sedimentary.*

*Iron ore deposit of skarn type occurred through contact metasomatic process as reaction result of intermediate to ultramafic magma and limestone or calcareous rocks. The deposit were characterized by composition of skarn mineral, sulfide and oxide minerals; and it could be categorized as skarn iron deposit in the case of its main ore minerals were dominated by magnetite, hematite, siderite, limonite or goethite. With quantity reached over 15 million tones and a total content of 34% to 70% Fe, though the deposit has been a potential resource for raw material of steel-iron industry.*

*Placer iron deposit formed through weathering and disintegration processes of iron bearing host rock, and then accumulate mechanically within a sedimentary basin. With quantity reached to mostly 159 million tones containing 34% to 59% Fe and 5.4% to 23.17% TiO<sub>2</sub>, though it has potency as iron ore resource and could be useful for raw material of cement and concrete iron.*

*Lateritic iron deposit resulted from weathering and decomposition of either iron bearing mafic or ultramafic igneous rocks. It was deposited as residual iron ore through either chemical or mechanical processes, and could form layer with a significant thickness for being a potential economic resource. In Indonesia, the lateritic iron deposits were predicted reaching totally a billion tones.*

*Occurrence of sedimentary iron deposit has relationship with sedimentation process and involvement of chemical reaction. The type of deposit in Indonesia was predicted having a total resource of more than a million tones.*

### PENDAHULUAN

Logam besi merupakan bahan baku penting yang memasuki hampir seluruh industri didalam negeri Indonesia selama berabad-abad hingga sekarang. Pada saat ini, besi dipakai sebagai bahan dasar untuk konstruksi beton bangunan, jembatan dan juga peralatan transportasi seperti kereta api, mobil, sepeda motor dan lain-lain.

Dari uji fisika yang dilakukan, menunjukkan bahwa besi untuk keperluan teknologi industri mempunyai berat jenis sebesar 7,86 sedangkan besi yang dipergunakan dalam kehidupan sehari-hari mempunyai berat jenis

sebesar 7,85 karena masih mengandung campuran unsur-unsur lain seperti: karbon, silisium, mangan, krom, fosfor dan belerang.

Bijih besi banyak ditemukan terutama di pulau-pulau : Sumatera, Jawa, Kali-mantan, Sulawesi dan Halmahera; dapat terbentuk sebagai cebakan skarn, placer, laterit dan sedimen. Lebih dari seratus lokasi dari ke-empat jenis tersebut telah ditemukan dengan kondisi geologi yang bervariasi.

### CEBAKAN BIJIH BESI SKARN

Cebakan ini terbentuk akibat proses metasomatisme di sekitar bagian kontak terobosan magma berkemposisi menengah, basa atau ultra basa dengan batuan bersifat karbonatan dan atau batugamping.

Sifat-sifat dari cebakan ini adalah :

1. Dapat berbentuk lensa, berupa *sarang (net shaped)* atau lapisan-lapisan yang kompleks pada bagian kontak.
2. Berbentuk masif dengan susunan terdiri atas mineral-mineral oksida besi seperti magnetit, hematit, siderit dan goethit berasosiasi dengan mineral sulfida seperti pirit dan kalkopirit serta ditandai oleh mineral-mineral skarn seperti garnet, piroksen, aktinolit, silimanit dan epidot.
3. Karena proses disintegrasi dan transportasi, jenis cebakan ini sering ditemukan dalam bentuk endapan eluvial atau diluvial, yaitu berupa ongkohan bongkah-bongkah batuan mengandung terutama mineral bijih magnetit atau hematit. Ongkohan batuan ini biasanya terletak tidak jauh dari batuan sumber di daerah kontak.
4. Kadar bijih dari jenis cebakan ini berkisar antara 50% - 70% Fe dan dapat mengandung Ni atau Cr dalam jumlah kecil.
5. Karena sering berasosiasi dengan mineral sulfida, maka terdeteksi kadar Cu atau Zn agak tinggi (> 1%).
6. Kadar belerang agak tinggi kadang-kadang dapat mendekati 1%.
7. Kadar  $TiO_2$  biasanya dibawah 0,5%.

Jenis cebakan ini banyak ditemukan di Indonesia, terutama di Pulau Kalimantan dan umumnya memiliki cadangan yang kecil (< 1 juta Ton). Salah satu cebakan terbesar yang pernah ditemukan dan dieksploitasi terdapat di Gunung Tanalang, Kalimantan Selatan, dengan cadangan sebesar 5 juta Ton.

### CEBAKAN BIJIH BESI "PLACER"

Cebakan terbentuk oleh proses pelapukan, disintegrasi dan akumulasi secara mekanik; menghasilkan endapan yang terdiri atas fragmen mineral dan batuan rombakan. Mineral bijih besi ini dapat ditemukan dalam aluvium pantai dan sungai yang disebut pasir besi. Karena melalui proses mekanik, maka kemurnian susunan fragmen rombakan dipengaruhi oleh intensitas liberasi selama proses tersebut.

Secara umum mineral bijih besi berasal dari sumber batuan vulkanik bersusunan andesitik dan basaltik yang kaya akan mineral mengandung unsur besi. Karena mengalami proses pelapukan maka mineral dengan kandungan besi pada batuan-batuan induk ini terlepas dari pengikatnya, tererosi dan terbawa oleh aliran air permukaan atau air sungai untuk diendapkan sebagai mineral berat. Karena gaya gravitasi dan sifat resisten maka sebagian daripada mineral berat tersebut terbawa oleh aliran air permukaan dan sungai ke arah laut. Disepanjang pantai yang landai dengan pengaruh gelombang laut yang cukup kuat maka butiran-butiran mineral rombakan akan dihempaskan ke daratan atau kebelakang garis pasang

surut. Ketika air kembali ke laut, daya angkutnya sudah berkurang sehingga memisahkan hanya mineral ringan dari mineral berat; sedangkan mineral berat terutama bijih besi diendapkan didarat pantai. Akibat proses pencucian dan konsentrasi secara alamiah secara berkesinambungan maka terbentuklah endapan pasir besi. Proses pengayaan pasir besi kadang-kadang dibantu oleh kuatnya tiupan angin yang mampu membawa mineral ringan, sehingga akumulasi pasir besi sangat kaya akan kandungan mineral magnetik.

Terdapat hubungan pembentukan cebakan pasir besi dengan gumpalan pasir atau *dune*. Gumpalan pasir yang berdekatan dengan garis pantai disebut *front dune*, biasanya merupakan gumpalan pasir yang letaknya terpisah satu sama lain dengan jarak sekitar 10 sampai 20 meter dan umumnya tertutup oleh semak belukar. Sedangkan gumpalan pasir yang terletak paling belakang atau *back dune*, merupakan sederetan bukit pasir yang memanjang sejajar pantai dengan ketinggian sekitar 3-5 meter diatas permukaan laut. Endapan pasir pantai yang mengandung mineral magnetik tinggi umumnya menempati bagian belakang dari *front dune*, dengan kumpulan mineral membentuk lensa hampir teratur sepanjang garis pantai. Ketebalan lensa ini beragam dari beberapa centimeter sampai beberapa meter dengan diselingi oleh lapisan pasir berkadar magnetik rendah.

Ada dua jenis endapan pasir, yang terletak diatas permukaan laut dan endapan pasir dibawah permukaan air laut atau dibawah permukaan air laut (0,00 meter). Endapan pasir yang pertama terletak di atas permukaan air laut, umumnya terdiri dari pasir berbutir halus sampai sedang, berwarna abu-abu sampai kehitaman, setempat berselang-seling dengan endapan lempung atau kerikil dengan penyebaran tidak merata. Sedangkan endapan pasir yang kedua disusun oleh pasir berbutir sedang kasar, fragmen batuan, kerikil dan cangkang kerang. Kadar magnetik pada endapan ini umumnya tidak begitu tinggi, tetapi beberapa tempat hampir mendekati lapisan dasar dengan akumulasi magnetik membentuk lensa-lensa yang penyebarannya tidak merata.

### CEBAKAN BIJIH BESI LATERIT

Cebakan ini merupakan hasil proses pelapukan, dekomposisi dan akumulasi residu. Karena pembentukan cebakan melibatkan proses kimiawi atau mekanis maka pelarutan dan pengendapannya dikendalikan oleh lingkungan setempat termasuk kondisi geologi dan fisika-kimia. Lingkungan yang terbaik untuk terjadinya proses laterisasi adalah sebagai berikut :

1. Iklim tropis yang basah.
2. Topografi yang relatif tidak curam.
3. Waktu proses yang cukup lama.

Di Indonesia jenis cebakan ini terdapat dalam jumlah yang besar (ratusan juta ton), terutama di Kalimantan Selatan, Maluku, Papua dan Sulawesi Tenggara ( Lihat lampiran Tabel 1, 2 dan 3)

Sifat-sifat dari cebakan ini adalah :

1. Tekstur atau struktur perlapisan laminasi dapat terlihat jelas karena berasosiasi dengan batuan sedimen.

Tabel 1. Potensi Bijih Besi Indonesia (Rangkuman)

TIPE ENDAPAN	CADANGAN	LOKASI
Laterit	936.447.000 ton Fe : 39,8% - 55,2%	Kalimantan Selatan, Sulawesi
Kontak Metasomatik	15.407.561,25 ton Fe : 30% - 70,40%	Sumatera Barat, Bangka, Lampung, Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, Flores
Sedimen	1.061.000 ton Fe : 30% - 70,40%	Aceh, Lampung, Jawa Barat
Plaser (Pasir Besi)	Endapan pantai Konsentrat : 158.893.645, 61 ton Fe : 34% - 59% TiO <sub>2</sub> : 5,4% - 23,17%  Endapan pantai tua : Crude Sand : 6.676.925 ton Fe : 38% TiO <sub>2</sub> : 10%	Aceh, Bengkulu, Lampung Selatan, P. Jawa, P. Bali

\*) Diperkirakan dari cadangan bijih Laterit dapat disdiakan 10 - 15 juta ton besi baja setiap tahun

Tabel 2. Potensi Sumberdaya Besi di Indonesia

Tipe Endapan	Lokasi	Cadangan (juta ton)	Karakteristik	Potensi Pemanfaatan
Pasir Besi	Jampang Kulon Jabar	6.67		1. Sebagai bahan baku proses DR, melalui Proses benefisi Siasi dan peletasi
	Jampang Jabar	9.78	Fe : 38 - 59%	
	Sindang Gambararang Jabar	4.03	TiO <sub>2</sub> : 3.5-15%	
	Cidaun, Jkabar	3.32		2. Sebagai bahan baku proses Direct Smelting, melalui proses benesiasi
	Cipatujah, Jabar	4.21	Titanium tinggi	
	Cikalong, Jabar	2.36	Dan terikat pada	3. Sebagai bahan pelindung Refractory paa proses Blast Furnace
	Cilacap, Jateng	6.51	Fe	
	Luk Ulo S. Wawar, Jateng	6.49		
	Kutoarjo, Jateng	57.10		
	Laterit	Purworejo, Jateng	14.16	
S. Bogowonto-S. Progo, Jogya		28.88		
S. Progo-S. Opak, Yogya		2.01		
Lumajang, Jatim		14.16		
Jember, Jatim		2.00		
Peg. Kukusan dan Duwa, Kalsel		126.00	Fe : 38-59%	Cocok untuk pembuatan baja
P. Sebuku, Kalsel		426.49	Ni : 0.1-2.5%	Pdua Ni. Cr. Co
P. Danawan, Kalsel		7.50	Cr : 1.3-3.6%	
Larona, Sulteng		370.00	Co : 0.09-0.11%	
Boneputih, Sulteng		2.20		
Lingkona	1.50			
P. Gag, Irja	83.84			
P. Waigeo, Irja	38.07			
Kontak Metasomatik	Belitung	7.40	Fe : 68.2%	Dapat digunakan dalam bentuk Lamp ore
	Lampung (Tim BF)	50.00	Fe : 58.5%	
	Padang (Tim BF)	?	Fe : 66.4%	
	Air Ibu, Sumbar	1.60	Fe : 59.3%	
	Jajakan-Pontianak, Kalsel	1.00	Fe : 55.0%	
Tanalang, Kalsel	5.00	Fe : 55.0%		

Tabel 3. Karakteristik Susunan Kimia dari Pasir Besi

PARAMETER %	LOKASI						
	KUTOARJO	BENGLURU	TASIK	ACEH	SUKABUMI	GARUT (BATU BESI)	TASIK (BATU BESI)
Fe Total	34.26	45.73	56.18	45.89	33.33	56.39	61.66
Fe <sub>2</sub> <sup>+</sup>	-	-	-	-	-	3.44	13.37
SiO <sub>2</sub>	22.33	15.62	8.60	14.63	31.40	5.93	8.06
CaO	8.12	3.72	0.59	3.17	1.96	0.99	0.092
MgO	7.11	0.093	1.13	3.56	3.81	-	0.37
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.37	5.62	1.94	5.24	8.63	1.99	0.22
TiO <sub>2</sub>	3.17	5.08	5.68	5.53	4.59	3.65	2.11
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.215	0.27	0.74	0.368	-	-	0.475
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.021	0.039	0.091	0.13	0.033	0.029	0.027
MnO	0.319	0.368	0.32	0.34	0.30	-	0.357
P	0.245	0.059	0.02	0.054	0.049	0.221	0.071
S	0.005	0.019	0.006	0.005	0.006	0.002	0.014
Ni	-	-	-	-	-	-	-
LoI <sup>(1)</sup>	-	-	-	-	-	-	-
H <sub>2</sub> O	-	-	-	-	-	-	-

- Dapat berupa lapisan yang kompak atau masif dan dapat berupa breksi atau konglomerat, sering mengandung bongkah-bongkah atau kerikil peridotit.
- Komposisi mineral besi beragam, ada yang berupa karbonat, silikat besi, magnetit dan hematit.
- Kadar Fe berkisar antara 40%- 60%.
- Mengandung kadar Ni dan Cr yang lebih rendah dari jenis lateritik yaitu rata-rata 0,41% Ni dan 2,1% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, khususnya yang berasal dari bijih besi laterit.
- Dapat mengandung bijih besi *bog iron*, dengan kandungan belerang dan mangan yang tinggi, sedangkan yang berasal sumber air panas dapat mengandung belerang yang relatif lebih tinggi.
- Kadar Al lebih rendah dari tipe lateritik yaitu sekitar 7%.
- Karena sering adanya perlapisan pemisah bijih besi, kadar Fe dan unsur-unsur lainnya yang terkandung dapat beragam secara lateral maupun vertikal.

#### CEBAKAN BIJAH BESI SEDIMEN

Pembentukan cebakan ini berhubungan dengan proses sedimentasi. Proses kimia mempunyai peran utama dalam proses pengendapannya, dengan disintegrasi mekanis sebagai penyebabnya, seperti yang terjadi pada sebagian cebakan bijih besi disekitar jenis lateritik. *Bog iron* dapat terbentuk bila larutan yang mengandung besi terakumulasi dalam suatu cekungan pengendapan. Bijih besi ini juga dapat terbentuk oleh proses kimia atau akibat pekerjaan bakteri seperti yang dihasilkan oleh sumber air panas (endapan sinter).

#### DISTRIBUSI CEBAKAN BIJAH BESI INDONESIA

Cebakan bijih besi dan indikasi mineralisasi besi terpenting yang telah di ketahui di Indonesia terdapat di pulau-pulau Sumatera, Kalimantan, Nusa Tenggara, Papua, dan Sulawesi (Gambar. 1). Cebakan bijih besi *placer* yang telah dikenal berada di pantai Selatan Jawa Barat dan Jawa Tengah, dengan kandungan Fe

antara 8%-40%. Melalui proses pemisahan secara magnetik, diperoleh konsentrat pasir besi dengan kadar Fe 60%.

**Indikasi cebakan bijih besi sedimen** tidak banyak diketahui di Pulau Jawa, meskipun pernah ditemukan di wilayah Jawa Timur. Sementara *bog iron* diketahui terdapat di Cipurug, Kabupaten Serang, yang kemungkinan mempunyai kadar Fe sekitar 18%. Di Ciater diketahui adanya tipe sedimen yang berasal dari sumber air panas dengan jumlah cadangan 500 ribu ton dan kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> antara 30 % - 60 % serta kadar P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sekitar 20 %.

**Cebakan bijih besi *placer*** yang potensial hanya terdapat disepanjang pantai selatan Pulau Jawa, biasanya terkandung dalam endapan pasir pantai yang telah ter-konsolidasi. Mineral-mineral besi terdiri atas magnetit dan hematit, sedangkan mineral ilmenit merupakan pengotor pada mineral magnetit.

Pasir besi yang ada di Pantai Selatan Jawa Barat diantaranya :

Di Kecamatan Tegal Buleud Kabupaten Sukabumi terletak antara S. Cikaso - S. Cibuni, sepanjang 15 km. dengan sumber daya terukur pasir besi bertitan 5.097.500 ton dengan kadar Fe total 51,18% dan TiO<sub>2</sub> 1,32-12,65%.

Di daerah Salatri Kabupaten Cianjur terletak antara S. Cibuni - S. Cikakap sepanjang 12 km, dengan sumber daya terukur konsentrat pasir besi bertitan 4.330.373 ton dengan kadar Fe total 57,70% dan TiO<sub>2</sub> 10,66%.

Daerah Kecamatan Sindan Gambararang antara S. Cihurang - S. Cisadea - S. Cipandak sepanjang 21 km, dengan Sumberdaya terukur konsentrat pasir besi bertitan 3.263.067 ton, kadar Fe total dan total 57,67% dan TiO<sub>2</sub> 13,76%. (Direktorat Sumber Daya Mineral, 1980/1983).

Selain itu endapan pasir besi terdapat juga didaerah Pantai Cidaun Kabupaten Cianjur dengan sumberdaya 3.325.500,30 ton konsentrat dengan kadar 57,43% Fe dan 12,73% TiO<sub>2</sub>.

Pantai Selatan Kecamatan Cipatujah Kabupaten Tasikmalaya dengan sumberdaya terukur Pasir Besi 21.280.286,50 ton "crude sand" dengan jumlah sumberdaya terukur konsentrat sebesar 4.214.392,34 ton.

Sumber daya besi di pantai selatan Kutoarjo sebesar 57 juta ton konsentrat, Jogja : 28 juta ton dengan kadar 59% Fe, Lumajang dan Purworejo : 49 juta ton dengan kadar Fe 51% dan 59%.

Yang dimaksud dengan "crude sand" adalah endapan yang belum tersentuh oleh proses pengolahan apapun, masih berbe-tuk longgokan asli yang masih berada di tempatnya secara alamiah. Sedangkan konsentrat adalah "crude sand" yang telah mengalami proses pengolahan dengan memisahkan bahan yang bersifat besi dengan bahan lainnya melalui proses pemisahan oleh berbagai intensitas *magnetic separator*.

Sebagian besar **Cebakan bijih besi laterit** di Kalimantan dan Sulawesi berasal dari pelapukan batuan ultra basa, sedangkan di Sumatera berasal dari batuan beku basa. Sifat- sifat yang khas dari bijih besi yang berasal dari batuan ultra basa adalah selalu mengandung khromium (Cr) dan nikel (Ni) yang relatif tinggi. Sumberdaya terukur terbesar yang telah diketahui antara lain : Di Pegunungan Kukusan, Kalimantan Selatan berupa sumberdaya terukur 126.000.000 dengan kadar 47.00% Fe (Direktorat Sumber Daya Mineral, 96); P. Suwangi Kalimantan Selatan dengan sumberdaya terukur 250.000 ton dan kadar 46% Fe; P. Sebuku Kalimantan Selatan sumberdaya terukur 426.497.000 ton dengan kadar 39,82,23% Fe (Direktorat Sumber Daya Mineral, 96); P. Danawan Kalimantan Sefatan sumberdayanya 7.500.000 ton dengan kadar Fe 47% (Direktorat Sumber Daya Mineral, 96).

**Cebakan bijih besi metasomatik kontak** banyak tersebar walaupun sumber dayanya tidak begitu besar. Yang telah dikenal berada di daerah Lampung, Kalimantan Selatan dan Sumatera Barat. Cebakan dari jenis ini telah diidentifikasi di Lampung terdiri atas : G. Waja, dengan sumberdaya terukur 173.743 ton dan kadar Fe 67,45%; Wai - Wai : 835.000 ton dan kadar Fe 48,15 - 67,25%; Ranggal : 1.003.000 ton dan kadar Fe 43,50-66,04%; G. Rajabasa : 115.000. ton dan kadar Fe 69%. Di Kalimantan Selatan terdapat di Tanalang dengan jumlah sumberdaya 5.062.400 ton kadar 51,38 - 58,75% (Direktorat Sumber Daya Mineral, 96). Di Sumatera Barat terdapat di Gn. Batu Besi Air Abu dan Bukit Lolo dengan total Sumber daya sebesar 2 juta ton dan kadar 59% Fe.

Cebakan bijih besi tipe metasomatik kontak ini dianggap sangat baik untuk kebutuhan industri baja, karena tidak mengandung pengotor (*impuriteis*) yang dapat mengganggu proses metalurgi.

#### PELUANG PEMANFAATAN

Peluang pemanfaatan yang paling signifikan dari bijih besi yaitu sebagai salah satu bahan baku pembuatan semen terutama di daerah Jawa Barat. Sebagai bahan baku pembuatan besi beton di pabrik besi baja PT. Krakatau Steel Cilegon, bijih besi telah melalui proses *benefisiasi* (nilai tambah) dan *peletisasi*,

yang telah beroperasi sejak 1978 ketika industri baja nasional dimulai. Hingga saat ini hampir seluruh kebutuhan bahan baku bijih besi untuk pembuatan baja di Indonesia merupakan barang import dalam jumlah yang cukup besar. Hal tersebut berkaitan dengan kualitas bijih besi atau pasir besi Indonesia yang masih dianggap belum memenuhi persyaratan sebagai bahan baku bagi industri besi baja. Dampaknya bahwa selain mengakibatkan kurang kokohnya industri baja tersebut, juga pada gilirannya akan mempengaruhi perolehan devisa negara.

#### LANDASAN HUKUM PEMANFAATAN BIJIH BESI

- Undang - Undang Dasar Th. 1945 pasal 33 ayat 3 : Bumi dan kekayaan alam yang terkandung didalamnya dikuasai negara dan dipergunakan sebesar-besarnya untuk kemakmuran rakyat.
- Undang - Undang No.22 Tahun 1999, tentang Otonomi Daerah.
- Undang-Undang No.23 Tahun 1997, tentang pengelolaan lingkungan hidup.
- Peraturan Pemerintah (PP) No. 75 Tahun 2001, tentang Perubahan ke 2 atas Peraturan Pernerintah No.32 Tahun 1969, tentang Pelaksanaan UU. No.11 Tahun 1967, tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Pertambangan.

Ada beberapa rekomendasi dari Seminar Bidang Logam "Strategi Penggunaan Sumber Daya Lokal untuk Membangun Industri Besi Baja Nasional Yang Tangguh", yang diselenggarakan di Jakarta, 19 Oktober 2000; yang berisi pernyataan :

- Kebutuhan bahan baku untuk industri besi baja masih didatangkan melalui impor.
- Bahan baku tersebut sebagian besar terdapat di Indonesia.
- Bahan baku yang merupakan komoditi tambang di Indonesia dapat dimanfaatkan secara optimal bagi kepentingan industri baja dalam negeri.
- Dalam strategi pengembangan Industri Baja Nasional diantaranya disarankan untuk melakukan pemetaan dan perhitungan kem-bali potensi sumber daya bahan baku seperti bijih besi, dan lain lain.
- Industri baja memiliki peranan penting dalam proses industrialisasi sebuah negara dalam rangka meningkatkan pendapatan per-kapita, karena dianggap sebagai indikator kemakmuran sebuah negara.

#### KESIMPULAN

1. Untuk menunjang keperluan industri besi baja yang terus meningkat dimasa mendatang, bijih besi laterit di Kalimantan Selatan, Sulawesi Tenggara dan Maluku dengan sumberdaya 930 juta ton cukup untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Kesulitan pengolahan bijih laterit dimasa datang harus segera diatasi, sehingga kandungan logam nikel (Ni) dan khrom (Cr) sebesar masing-masing 4,8 juta ton dan 18,7 juta ton dalam laterit besi tersebut dapat dimanfaatkan. Selain itu perlu dikembangkan penyelidikan ilmenit yang terdapat dalam pasir besi pantai sebagai sumber logam titanium (Ti), dan akan menjadikan nilai tambah dalam pemanfaatan pasir besi pantai di seluruh Indonesia.

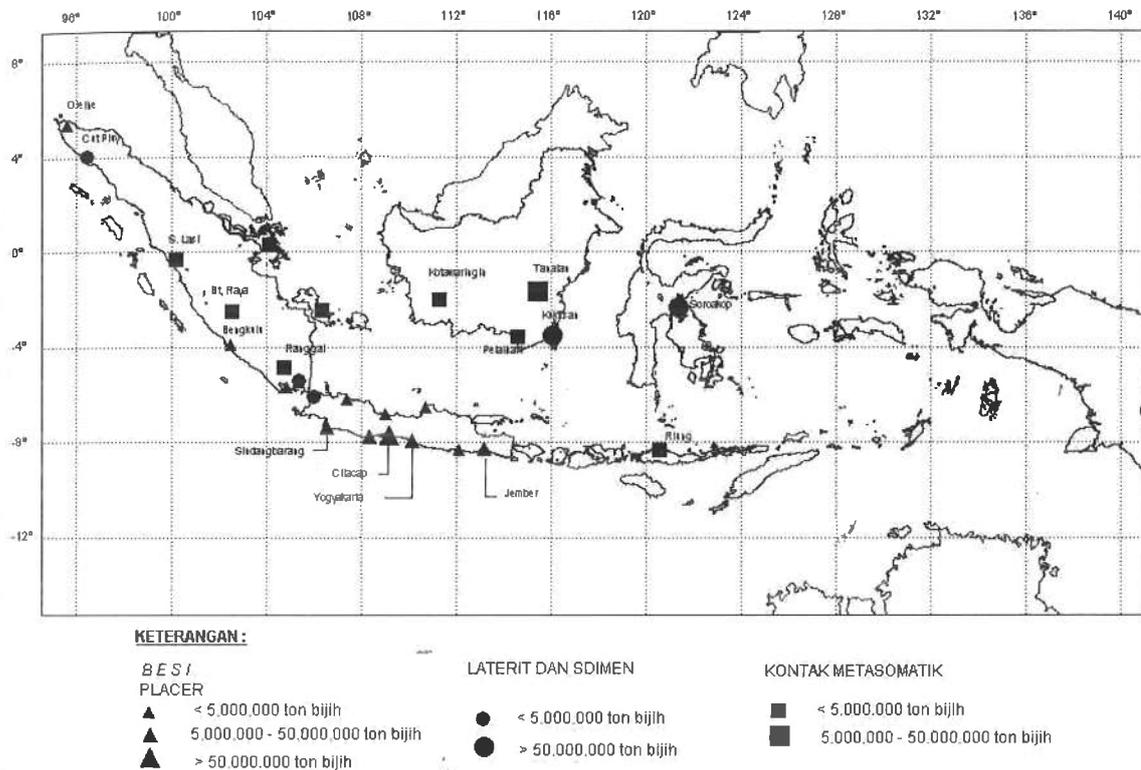
2. Pemanfaatan bijih besi Indonesia diusahakan selain untuk bahan baku industri baja juga untuk kebutuhan bahan baku industri semen dan besi beton.
3. Perlu dilakukan pengkajian sumberdaya logam besi yang terarah dan terpadu untuk mengetahui secara pasti kualitas dan kuantitas cebakan.

penghargaan yang setinggi-tingginya dan ucapan terima kasih pada jajaran Pimpinan Struktural Pusat Sumber Daya Geologi, rekan-rekan pejabat fungsional dan berbagai pihak sehingga tulisan ini dapat terwujud.

Semoga tulisan ini bisa ber-manfaat. Atas segala perkenaan Allah swt., kepada-Nya kita bersyukur.

**UCAPAN TERIMAKASIH**

Dengan segala kerendahan hati, disampaikan



Gambar 1. Peta Sebaran Sumberdaya Besi Indonesia

**ACUAN**

Amirullah, F.S.; 1982; *Prospek Endapan Pasir Besi Bertitan di daerah Pantai Sindan Gambararang, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat*, Sub. Direktorat Esplorasi Mineral Logam, Direktorat Sumberdaya Mineral Bandung.

Padmanagara, Salman, 1982; *Potensi Bijih Besi Indonesia Untuk Pengembangan Industri Besi Baja*, Direktorat Sumberdaya Mineral Bandung.

Subandoro, dkk; 1982; *Hasil Esplorasi Endapan Pasir Besi - Titan di daerah Pantai antara S.Cibuni - S.Cikakap, Cianjur Selatan*.

Sutisna D.T; Sumpena .A; 1999; *Penyontohan Pasirbesi-bertitan daerah Pantai Tegalbuleud - Salatri - Sindan Gambararang, Kabupaten Sukabumi dan Cianjur Jawa Barat*.

Subdirektorat Eksplorasi Mineral Logam, Direktorat Sumberdaya Mineral, 1984; *Peta Lokasi Cadangan Endapan Mineral Logam Indonesia, skala 1: 5.000.000*

## HUBUNGAN ANTARA ANOMALI GEOKIMIA DAN GEOFISIKA DENGAN MINERALISASI LOGAM DI DAERAH TEMPURSARI, KECAMATAN TEMPURSARI DAN PRONOJIWO KABUPATEN LUMAJANG, JAWA TIMUR

Oleh :

Wahyu Widodo

Kelompok Kerja Mineral – Pusat Sumber Daya Geologi

### S A R I

Daerah Tempursari disusun oleh batuan gunungapi yang terdiri dari breksi, lava dan tufa bersifat andesitik (Formasi Mandalika) berumur Oligo-Miosen yang diterobos batuan dioritik dengan struktur patahan berarah timurlaut – baratdaya dan baratlaut-tenggara.

Alterasi yang berkembang di daerah ini adalah alterasi propilitisasi/ kloritisasi yang di "overprint" alterasi serisit – kaolin – pirit terdapat di hulu S. Ngrawan. Indikasi mineralisasi tembaga berupa tembaga oksida (malakhit) teramati pada cabang S. Ngrawan hulu di dalam batuan andesitik yang juga mengandung magnetit sekunder. Zona argilik kuat dengan pirit halus tersebar dan zona silisifikasi dengan quartz stockwork juga kadang-kadang terlihat di daerah ini.

Mineralisasi di daerah ini terbentuk pada temperatur 231 - 293 ° C dalam zona alterasi kwarsa, serisit, klorit, mineral karbonat, dan smektit.

Sebaran anomali unsur-unsur Au, Cu, Pb, Zn dan As berkorelasi dengan alterasi serisit – kaolin – pirit yang menempati zona patahan timur laut – barat daya.

Pirit dan alterasi serisit – kaolin - pirit tersebar luas di daerah kajian yang terdapat pada batuan gunungapi yang diterobos batuan dioritik. Mineralisasi sulfida logam teramati pada sebagian zona alterasi tersebut yang keberadaannya berkorelasi dengan anomali chargeability. Nilai resistivity > 500 ohm m yang dikelilingi > 200 ohm m di dua lokasi membentuk kelurusan yang mencerminkan zona patahan, berarah timurlaut – baratdaya dengan kedudukan mendekati 70° – 80° ke selatan.

### ABSTRACT

*Tempursari area was built geologically by volcanic rocks comprising breccia, lava and andesitic tuff (Mandalika Formation) of Oligo-Miocene, which invaded by dioritic igneous rock and located within a region with trending faults of northeast – southwest and northwest – southeast.*

*Development of hidrothermal alteration was exhibited by overprint of sericite-kaolin-pyrite on propilitization/chloritization at the head of S.Ngrawan. At a tributary of the stream, copper mineralization was indicated by appearance of malachite within andesitic rock containing secondary magnetite. Zones of high argillic with disseminated pyrite and silicification – quartz stockworks were occasionally appeared in the area.*

*The mineralization occurred in a temperature formation of 231° – 293°C within alteration zone of quartz, sericite, chlorite, carbonate and smectite. Whilst dispersion of Au, Cu, Pb and Zn showed a correlation with alteration of sericite-kaolin-pyrite within a trending fault zone of northeast – southwest.*

*The alteration of sericite-kaolin-pyrite was widely dispersed within volcanic rock and suggested to have connection with dioritic intrusion. Metallic sulfide mineralization apparently existed within this alteration zone and having correlation with anomaly of chargeability. On the basis of geophysical investigation in two selected mineralized locations that resistivity value of 500 ohm was surrounded by value of >200 ohm, to form coincident lineament with fault zone trending northeast – southwest and dipping 70° – 80° to the south.*

### PENDAHULUAN

Daerah kajian ini merupakan bagian dari Wilayah Penugasan Pertambangan (WPP) Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral (DIM) dalam rangka kerjasama teknik antara DIM dengan MMAJ - JICA (Metal Mining Agency of Japan - Japan International Cooperation Agency). Secara administratif lokasi kajian berada di Kecamatan Tempursari dan Kecamatan Pronojiwo, Kabupaten Lumajang, Provinsi Jawa Timur.

Metoda penyelidikan yang dilakukan adalah penyelidikan geokimia sedimen sungai, batuan dan tanah serta penyelidikan geofisika dengan metoda IP (Induced Polarization).

Analisis laboratorium yang dilakukan adalah analisis kimia (unsur-unsur Cu, Pb, Zn, Au, Ag, As, Mn, Sb dan Hg) terhadap conto sedimen sungai, batuan termineralisasi dan tanah, akan tetapi tidak semua unsur dibahas dalam makalah ini karena tidak menunjukkan hasil yang signifikan.

Penyelidikan geofisika dilakukan dengan metoda IP pada 4 jalur dengan total panjang lintasan 10,4 Km dan 180 titik pengukuran dengan elektrode konfigurasi dipole-dipole array, interval dan spasing pengukuran 200 m dan lintasannya memotong anomali Cu-Au conto tanah.

## GEOLOGI REGIONAL

Secara fisiografis daerah pegunungan selatan Jawa Timur terletak di dalam jalur magmatik Sunda Banda yang dikenal sebagai tempat kedudukan sebaran mineral logam (Au, Mo, Cu) di dalam batuan gunungapi tua dan batuan granitik. Daerah kajian terletak pada jalur magmatik tersebut.

Batuan dasar (*basement*) yang ada di Pegunungan Selatan Jawa Timur adalah kelompok batuan metamorfik berumur Kapur yang diterobos oleh diorit Eosen yang lokasi sebarannya dapat dijumpai di daerah Klaten, Jawa Tengah. Tidak selaras di atasnya adalah batuan sedimen berumur Eosen dan berumur Oligo-Miosen serta batuan gunungapi berumur Oligo-Miosen yang diterobos oleh batuan andesit, dasit, diorit-granodiorit serta kelompok batuan sedimen dan batuan gunungapi (Miosen – Pliosen) yang diterobos oleh batuan andesit (Pliosen). Ke arah utara dari daerah kelompok batuan yang telah disebutkan di atas ditutupi oleh kelompok batuan gunungapi dan endapan aluvial berumur Kuartar.

Struktur geologi yang berkembang di daerah ini adalah lipatan berarah mendekati barat-timur dan patahan dengan arah utama timurlaut – baratdaya s.d. baratlaut – tenggara yang diduga sebagai pengontrol mineralisasi di daerah ini, seperti tersingkapnya urat-urat kuarsa mengandung galena, kalkopirit, spalerit dan pirit di daerah Sungai Ploso, Kecamatan Punung (Pacitan), Sungai Senepo, Kecamatan Slahung (Kabupaten Ponorogo), daerah Suren Lor – Suren Kidul, Kecamatan Tugu – Bendungan (Kabupaten Trenggalek).

## GEOLOGI DAN MINERALISASI DAERAH KAJIAN

Morfologi daerah ini didominasi oleh morfologi perbukitan terjal dengan lembah sungai umumnya menunjukkan bentuk huruf "V" dan banyak ditemukan air terjun. Bentuk morfologi seperti ini menunjukkan daerah yang berada pada stadia erosi muda.

Daerah ini disusun oleh batuan gunungapi bersifat andesitik yang terdiri dari breksi, lava dan tufa bersifat andesitik dengan terobosan batuan dioritik, sedangkan batuan dasitik yang dijumpai tidak mencerminkan sebagai batuan terobosan (Gambar. 1). Kelompok batuan-batuan tersebut dapat dikorelasikan dengan Formasi Mandalika berumur Oligo-Miosen.

Struktur geologi yang berkembang di daerah ini adalah patahan berarah timurlaut – tenggara dan utara – selatan. Patahan timurlaut – tenggara mengontrol zona alterasi batuan di hulu Sungai Ngrawan sedangkan patahan utara-selatan keberadaannya mengontrol zona alterasi di Sungai Gede.

Alterasi batuan yang berkembang di daerah ini adalah kloritisasi dan sebagian di *overprint* oleh serisit – kaolin – pirit seperti yang terlihat di hulu Sungai Ngrawan.

Indikasi mineralisasi tembaga teramati pada cabang Sungai Ngrawan hulu, berupa mineral tembaga oksida (malakhit) di dalam batuan andesitik (Formasi Mandalika) yang juga mengandung magnetit sekunder. Mineral serisit teramati dari hasil analisis *X-ray diffraction* pada conto batuan di daerah ini, akan tetapi mineral-mineral alterasi hidrotermal seperti K-feldspar dan biotit sekunder tidak teramati. Zona argilik kuat

dengan pirit halus tersebar dan zona silisifikasi dengan *quartz stockwork* teramati pada zona patahan.

Mineralisasi yang terjadi di daerah ini terbentuk pada temperatur 231° - 293° C dalam zona alterasi kwarsa, serisit, klorit, mineral karbonat, dan smektit.

Hasil analisis 5 conto batuan yang diambil dari zona argilik dan silisifikasi kuat dengan mineralisasi pirit, kalkopirit dan kovelit pada cabang kanan hulu Sungai Ngrawan menunjukkan kandungan 0,43 - 0,164 ppm Au, 0,04 - 0,11 % Cu dan 0,01 - 0,02 % Zn.

Kandungan emas maksimum hasil analisis kimia batuan yang diambil dari daerah Tempursari adalah 0,301 ppm Au, sedangkan kandungan maksimum tembaga sebesar 0,11 % Cu dimana pada lokasi yang sama juga mengandung 0,124 ppm Au.

Mineral bijih yang umum ditemukan di daerah Ngrawan hulu (Tempursari) adalah magnetit, pirit, sfalerit, oksida besi dan kadang-kadang kalkopirit, kovelit.

## GEOKIMIA TANAH DAERAH TEMPURSARI, KABUPATEN LUMAJANG

Pengambilan conto tanah di daerah Tempursari dilakukan sepanjang punggung dengan interval 100 m, jumlah conto terkumpul sebanyak 326 conto. Dari hasil perhitungan statistik diketahui adanya sebaran anomali geokimia tanah : (Tabel 1)

Distribusi frekuensi unsur-unsur conto tanah daerah Tempursari yang telah diuraikan di atas digambarkan dalam histogram (Gambar. 2). Dari histogram tersebut unsur-unsur yang menunjukkan sebaran normal (tersebar) *symetric skewed* adalah Cu, Zn dan Mn sedangkan unsur-unsur Au, Ag, Hg, As dan Pb cenderung menunjukkan sebaran mengiri *positive skewed* (A.J. Sinclair, 1987).

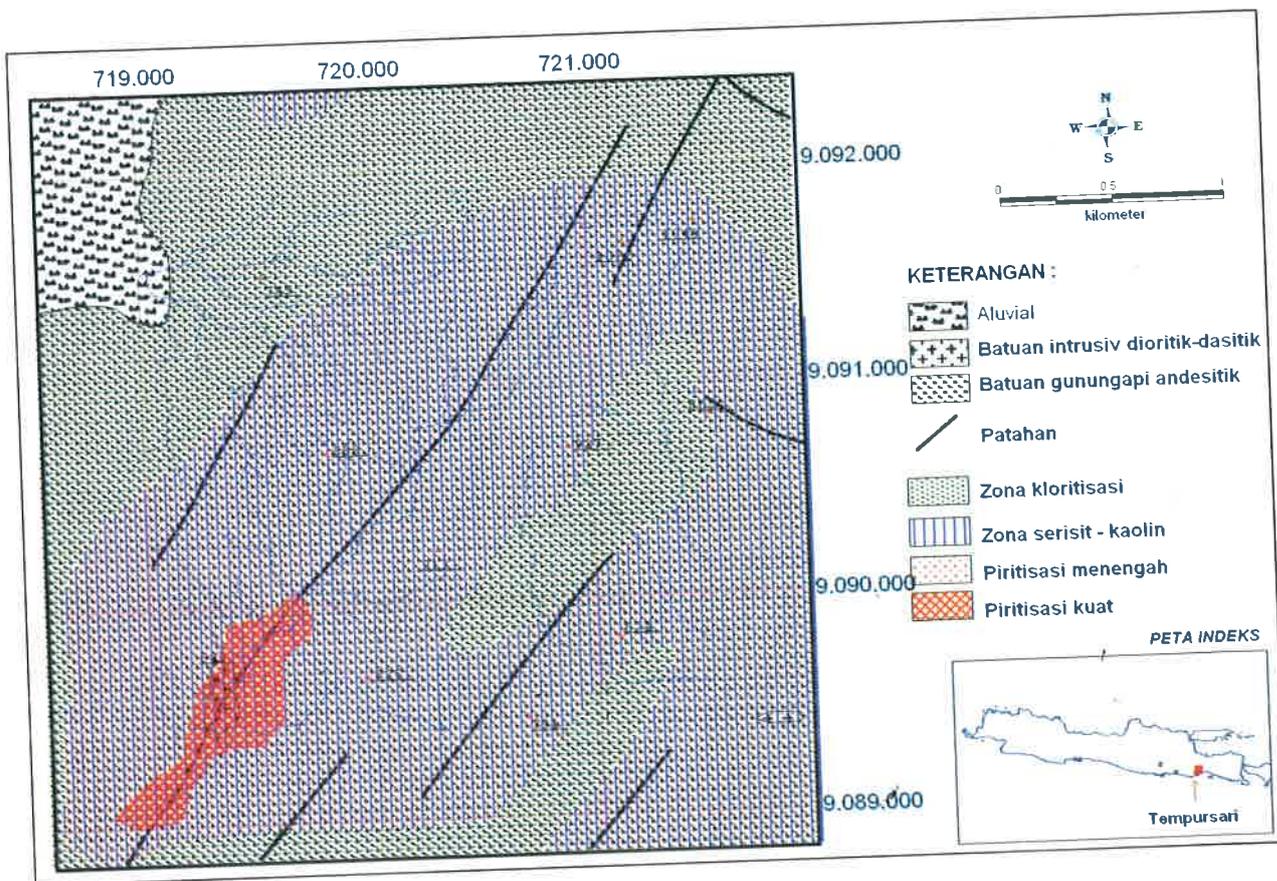
Unsur-unsur dari conto tanah tersebut tidak menunjukkan adanya korelasi yang signifikan, hanya pada unsur Cu - Zn menunjukkan angka korelasi maksimum (positip) sebesar 37 %, sedangkan korelasi negatif (26 %) terjadi antara Zn - Hg. (Tabel 2). Dari data sebaran unsur geokimia dan korelasi antar unsur mungkin menunjukkan adanya tahap mineralisasi yang berbeda dan tidak adanya mineral penunjuk (*guide mineral*).

Unsur As, di dalam sebarannya terdapat 3 (tiga) lokasi anomali kuat yang dikelilingi oleh anomali menengah, yaitu dua lokasi berada di bagian baratdaya dan satu lokasi di bagian utara. Secara setempat-setempat anomali menengah tersebar di bagian tengah daerah pengambilan conto tanah.

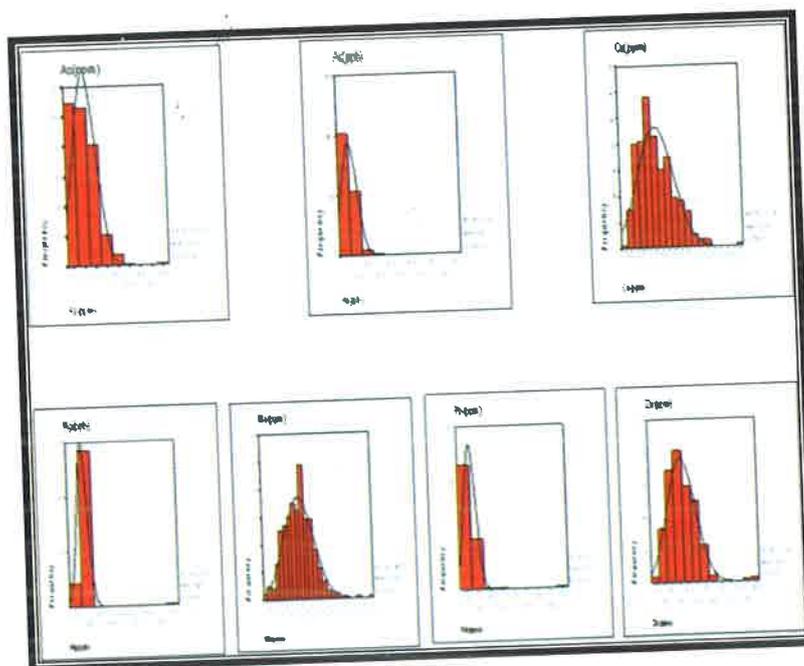
Unsur Au, anomali kuat yang diikuti anomali menengah terdapat di bagian tengah dan setempat di bagian utara daerah ini, sedangkan anomali menengah terbuka di bagian baratdaya dan setempat-setempat di beberapa lokasi.

Sebaran anomali tiap unsur daerah Tempursari (Kabupaten Lumajang) diuraikan sbb. : (Gambar. 3).

Unsur Cu, anomali kuat yang diikuti anomali menengah tersebar setempat-setempat di bagian tengah dan utara daerah penyelidikan



Gambar. 1. Peta Geologi Tempursari dan sekitarnya, Kabupaten Lumajang



Gambar. 2. Histogram frekuensi sebaran unsur contoh tanah daerah Tempursari, Kabupaten Lumajang

Tabel 1. Hasil perhitungan statistik conto tanah Tempursari

		As(ppm)	Au(ppb)	Cu(ppm)	Hg(ppb)	Mn(ppm)	Pb(ppm)	Zn(ppm)
N	Valid	326	326	326	326	326	326	326
	Missing	0	0	0	0	0	0	0
Mean		5,98	4,77	81,37	69,91	1214,31	8,84	53,40
Median		5,00	4,00	76,50	70,00	1210,00	8,00	52,00
Mode		1	1	95	70	1185	9	47
Std. Deviation		5,049	6,97	27,96	43,62	349,02	9,72	17,02
Variance		25,495	48,57	781,51	1902,30	121813,61	94,43	289,55
Skewness		1,613	8,574	,853	12,217	,658	11,883	1,142
Range		38	100	179	755	2479	157	118
Minimum		1	1	30	5	401	1	22
Maximum		39	100	209	760	2880	158	140
Sum		1948	1554	26528	22790	395864	2883	17410

Tabel 2. Korelasi unsur-unsur conto tanah Tempursari

	Ag	Sb	As	Cu	Hg	Pb	Zn	Au
Ag	1.00							
Sb	0.02	1.00						
As	0.12	-0.11	1.00					
Cu	0.02	-0.04	0.05	1.00				
Hg	-0.01	0.04	-0.08	-0.22	1.00			
Pb	0.16	-0.06	0.10	-0.03	0.06	1.00		
Zn	-0.01	-0.04	0.01	0.37	-0.26	0.13	1.00	
Au	0.00	0.09	-0.04	-0.07	-0.03	-0.02	-0.02	1.00

Unsur Pb, 4 lokasi anomali kuat dilingkupi anomali menengah menempati bagian tenggara dan setempat-setempat di baratdaya dan timurlaut, sedangkan anomali menengah setempat-setempat terdapat di bagian baratdaya daerah penyelidikan.

Unsur Zn, 3 anomali kuat yang dilingkupi anomali menengah terdapat terpisah di bagian baratlaut, tenggara dan timur laut serta anomali menengah setempat-setempat di bagian barat, utara dan tenggara daerah penyelidikan.

Pada umumnya sebaran anomali geokimia tanah unsur-unsur Au, Cu, Pb, Zn dan As menempati zona kloritisasi yang telah di *overprint* oleh alterasi serisit – kaolin – pirit (argilik) sedangkan zona alterasi argilik dengan piritisasi kuat berada pada zona patahan dan berkorelasi dengan sebaran anomali Au, Pb dan As.

**GEOFISIKA**

Penyelidikan geofisika dengan metoda IP dimaksudkan untuk memperjelas struktur *resistivity* dan anomali *chargeability* yang dikorelasikan dengan kondisi geologi untuk dapat mengetahui kelanjutan mineralisasi di bawah permukaan.

Pengukuran geofisika dilakukan pada 4 jalur dengan jumlah panjang lintasan 10,4 km dan 180 pengukuran menggunakan elektrode konfigurasi *dipole-dipole* dengan interval pengukuran 200 m. (Gambar. 4).

Dari penampang *pseudo resistivity* (tahanan jenis semu) terlihat jelas adanya perbedaan angka *resistivity* pada semua lintasan, perbedaan tahanan jenis batuan yang dapat diakibatkan adanya struktur maupun

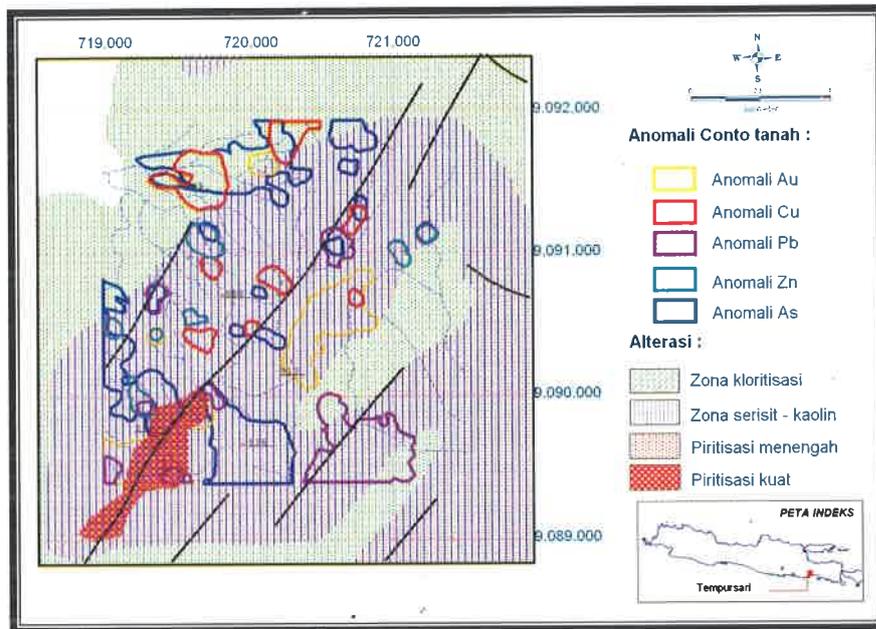
adanya perbedaan sifat fisik batuan di daerah ini (batuan segar/ batuan terubah), dari data yang ada cenderung merupakan struktur patahan (Gambar. 5).

Sebaran lateral besaran *resistivity* yang direfleksikan pada permukaan (n = 3), diinterpretasikan bahwa struktur patahan tersebut mempunyai arah sebaran timur laut – barat daya (Gambar. 6).

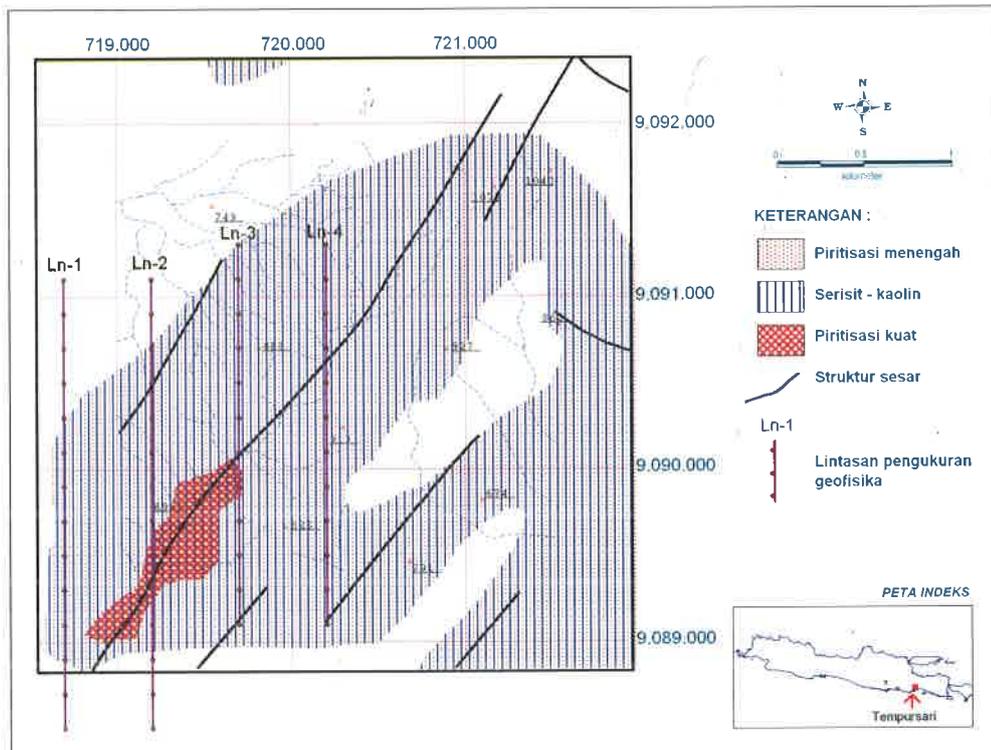
Hasil uji laboratorium batuan dari daerah Tempursari menunjukkan nilai rata-rata *resistibility* dan *chargeability* sebagai berikut. : (Tabel 3)

Di daerah kajian umumnya batuan menunjukkan *resistivity* 100 s/d 1.000 ohm-m dan *chargeability* 10 s/d 20 mV/V. Batugamping mempunyai *resistivity* > 1.000 ohm-m dan *chargeability* < 10 mV/V, breksi tuf terargilitkan mempunyai *resistivity* < 100 ohm-m dan *chargeability* > 20 mV/V sedangkan breksi tuf terkersikkan menunjukkan *resistivity* tinggi dan *chargeability* rendah. Breksi tuf dan batuan andesitik dengan pirit tersebar mempunyai *charge ability* lebih tinggi dibandingkan dengan yang tanpa pirit tersebar, tetapi *resistivity* batuan itu tidak berbeda secara jelas, contoh bijih mengandung pirit kuat menunjukkan *resistivity* lebih rendah sedangkan batuan terubah menunjukkan *resistivity* rendah dan *chargeability* tinggi sehingga besar kecilnya *resistivity* dan *chargeability* ini tergantung dengan tingkat alterasi (silisifikasi, argilitisasi dll.) serta sebaran sulfida logam.

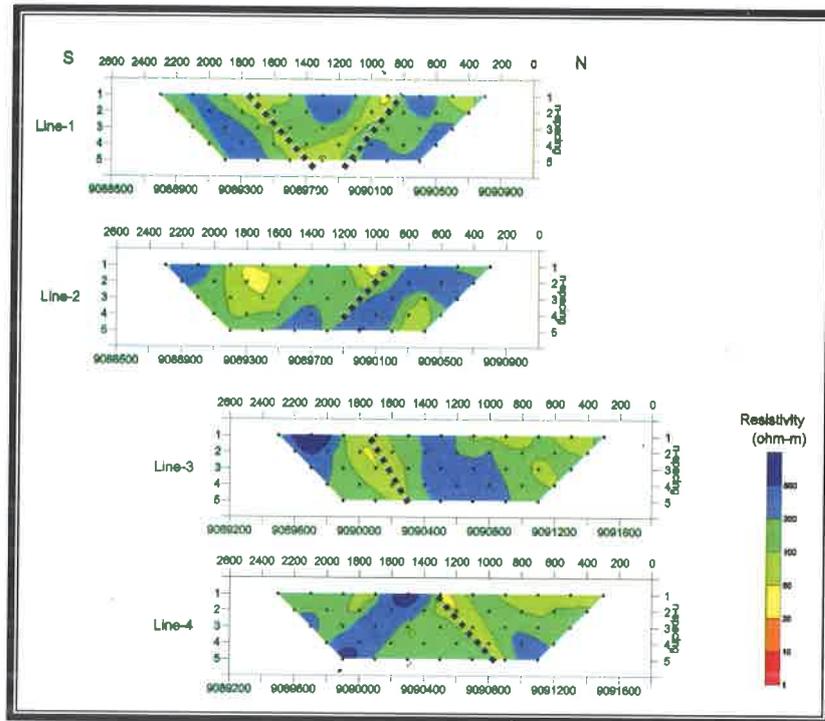
*Apparent resistivity pseudo-sections* dari empat lintasan yang digambarkan pada peta *apparent resistivity* dari n = 3, secara keseluruhan menunjukkan besaran *resistivity* (tahanan jenis batuan) di daerah ini berkisar antara 50 s/d 500 ohm-m.



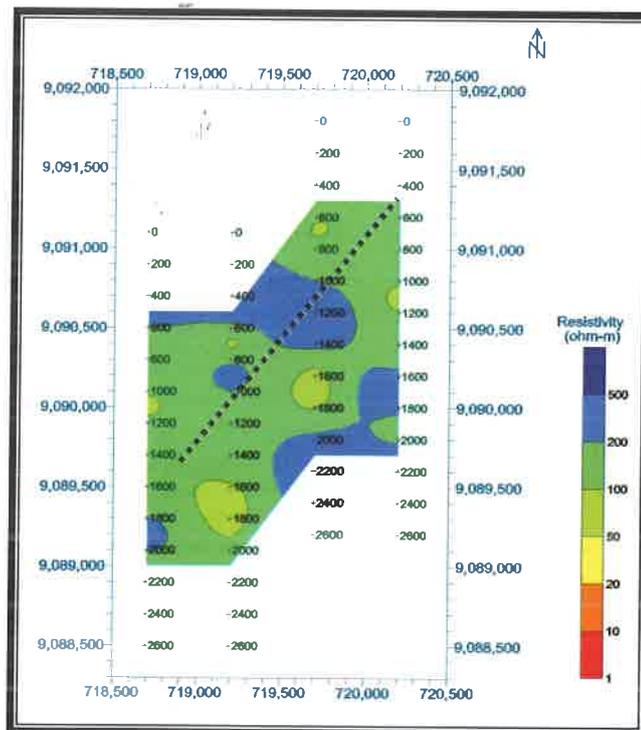
Gambar.3. Peta Sebaran anomali Geokimia Tanah dan Alterasi batuan daerah Tempursari, Kabupaten Lumajang, Jawa Timur.



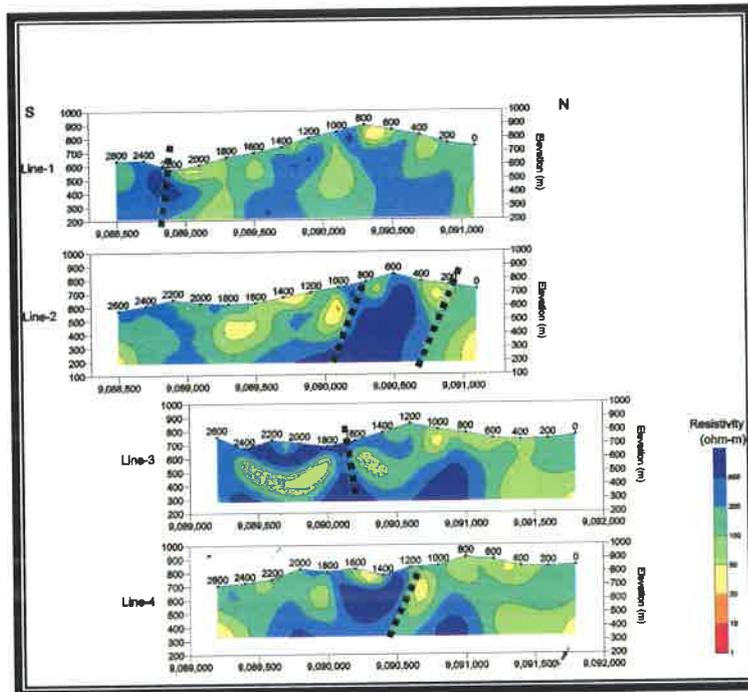
Gambar. 4. Peta lintasan pengukuran geofisika



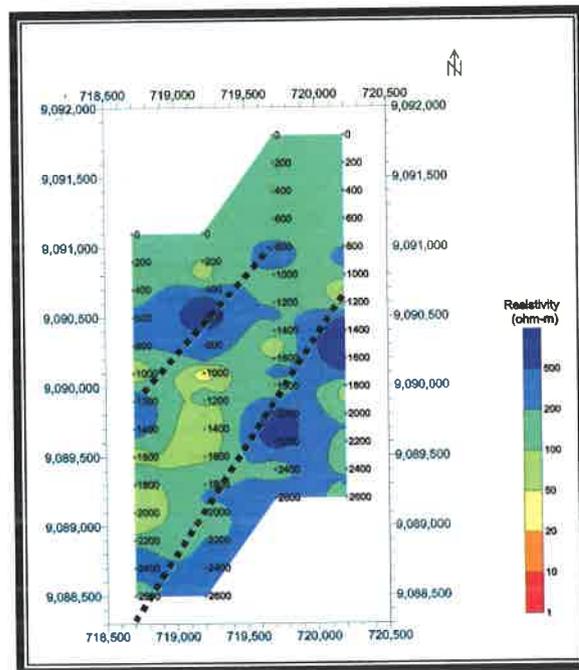
Gambar. 5. Penampang Semu Apparent Resistivity daerah Tempursari



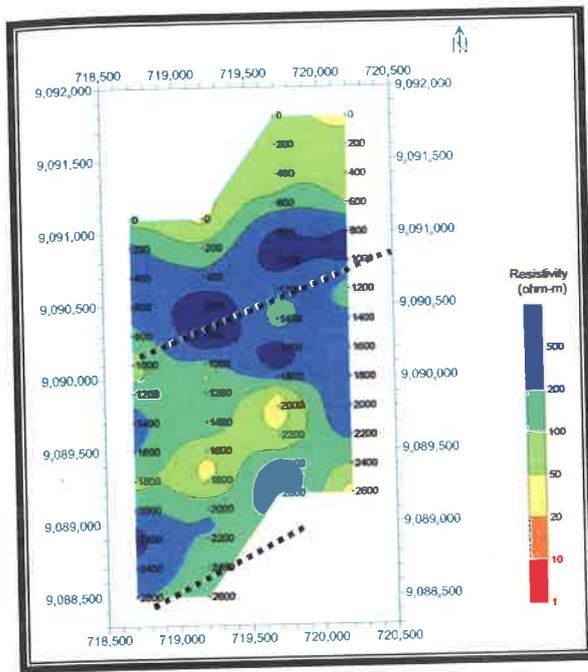
Gambar. 6. Peta Apparent Resistivity daerah Tempursari (n = 3)



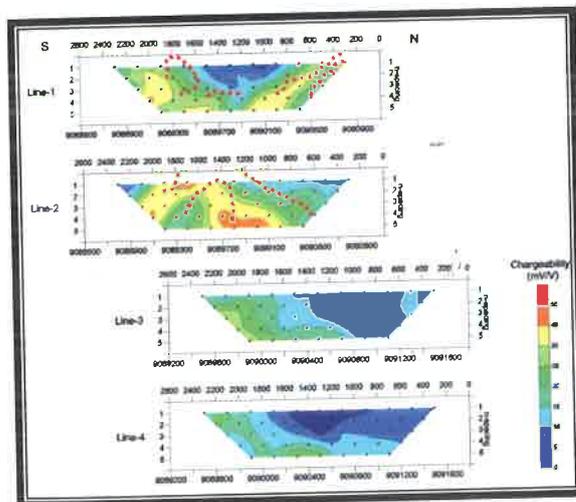
Gambar. 7 Resisvity daerah Tempursari



Gambar. 8 Resistiviy daerah Tempursari (SL = 600 m)



Gambar. 9. Peta Resistivity daerah Tempursari (SL = 400)



Gambar. 10. Penampang Semu Apparent chargeability daerah Tempursari

Penampang resistivity yang digambarkan dalam 2-D inversion pada lintasan 2, 3 dan 4 menunjukkan adanya nilai resistivity yang sangat tinggi diduga karena adanya zona patahan dengan kedudukan mendekati tegak s/d miring 70 – 80° ke selatan (Gambar. 7 lintasan 2, 3 dan 4). Peta resistivity SL 600 m memperlihatkan nilai resistivity > 500 ohm m yang dikelilingi > 200 ohm m di dua lokasi membentuk kelurusan yang dapat diinterpretasikan sebagai patahan berarah timurlaut – baratdaya (Gambar. 8). Sedangkan yang ditunjukkan pada penampang resistivity SL 400 m juga memperlihatkan nilai resistivity > 500 ohm m seperti halnya pada SL 600 m (Gambar. 9).

Apparent chargeability pseudo-sections dan peta apparent chargeability dari n = 3 dari empat lintasan, menunjukkan nilai maksimum chargeability (sifat kelistrikan batuan) 40 mV/V (Gambar. 10, 11),

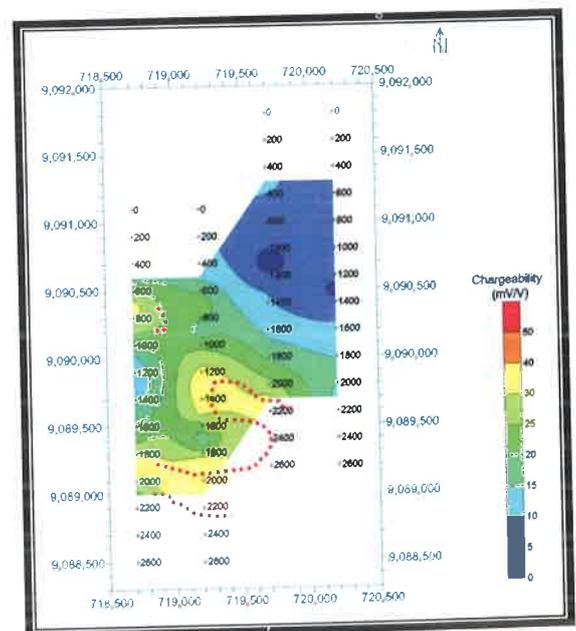
background chargeability di daerah ini relatif tinggi karena nilai rata-rata apparent chargeability hasil pengukuran sekitar 18 mV/V.

Tabel 3. Hasil uji laboratorium conto batuan daerah Tempursari

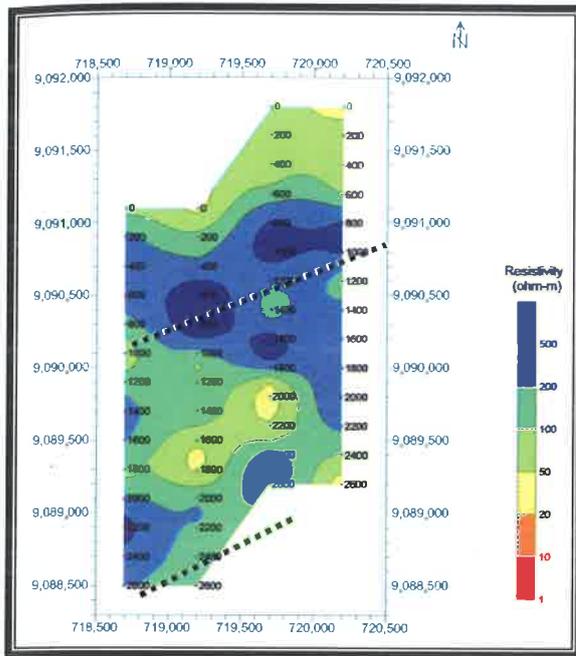
Batuan	No. Conto	Resistivity (Ohm-M)	Chargeability (MV/V)
Breksi tuf	3	930	21
Andesit	2	350	18
Bat. dg. Py diss.	6	590	19
Bat. terubah	4	160	21

Sebaran nilai Chargeability meningkat pada lintasan 2 dibandingkan lintasan 1 dan cenderung menurun ke arah timur - utara lintasan 3 dan 4. Anomali chargeability > 30 mV/V tersebar membentuk huruf V terbalik pada lintasan 1 dan 2 (Gambar. 10). Sebaran anomali tersebut diduga sebagai gambaran adanya alterasi batuan yang mengandung sulfida logam, keberadaannya menempati 9.089.200 mN – 718.700 mE yang melebar sampai 9.089.800 mN – 719.200 mE dan setempat pada 9.090.400 mN – 718.700 mN (Gambar. 11).

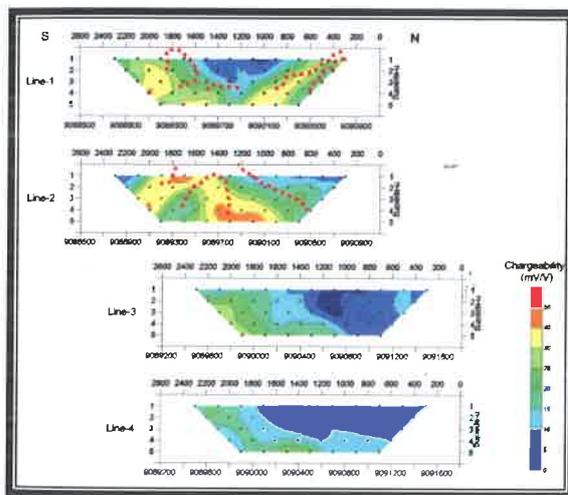
Sedangkan anomali tersebut bila digambarkan dalam penampang 2-D inversion yang diduga sebagai gambaran alterasi batuan yang mengandung sulfida logam terlihat pada lintasan 2 dan 1. Pada lintasan 2 terlihat di permukaan pada titik 9.089.900 mN dan 600 m dpl. di bawah permukaan titik 9.090.500 mN sedangkan pada lintasan 1 terlihat di permukaan pada titik 9.090.700 mN dan 400 m dpl. di bawah permukaan titik 9.089.150 mN, sebaran alterasi batuan yang mengandung sulfida logam diduga melebar ke arah bawah sampai 300 / 200 m dpl. (Gambar. 12, 13 dan 14)



Gambar. 11. Peta Apparent Chargeability daerah Tempursari (n = 3)



Gambar. 9. Peta Resistivity daerah Tempursari (SL = 400)



Gambar. 10. Penampang Semu Apparent chargeability daerah Tempursari

Penampang resistivity yang digambarkan dalam 2-D inversion pada lintasan 2, 3 dan 4 menunjukkan adanya nilai resistivity yang sangat tinggi diduga karena adanya zona patahan dengan kedudukan mendekati tegak s/d miring 70 – 80° ke selatan (Gambar. 7 lintasan 2, 3 dan 4). Peta resistivity SL 600 m memperlihatkan nilai resistivity > 500 ohm m yang dikelilingi > 200 ohm m di dua lokasi membentuk kelurusan yang dapat diinterpretasikan sebagai patahan berarah timurlaut – baratdaya (Gambar. 8). Sedangkan yang ditunjukkan pada penampang resistivity SL 400 m juga memperlihatkan nilai resistivity > 500 ohm m seperti halnya pada SL 600 m (Gambar. 9).

Apparent chargeability pseudo-sections dan peta apparent chargeability dari n = 3 dari empat lintasan, menunjukkan nilai maksimum chargeability (sifat kelistrikan batuan) 40 mV/V (Gambar. 10, 11),

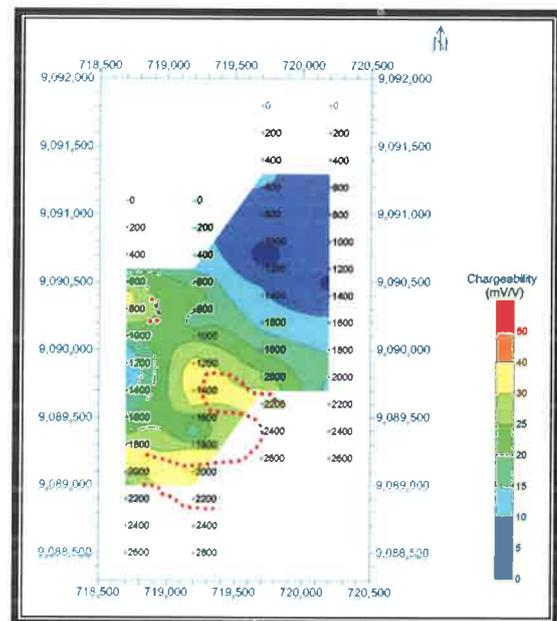
background chargeability di daerah ini relatif tinggi karena nilai rata-rata apparent chargeability hasil pengukuran sekitar 18 mV/V.

Tabel 3. Hasil uji laboratorium contoh batuan daerah Tempursari

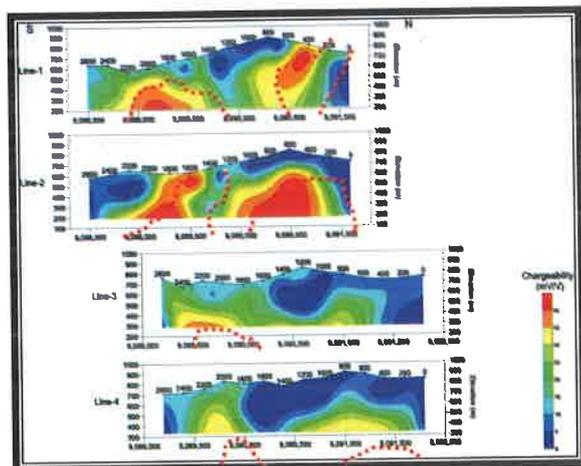
Batuan	No. Conto	Resistivity (Ohm-M)	Chargeability (MV/V)
Breksi tuf	3	930	21
Andesit	2	350	18
Bat. dg. Py diss.	6	590	19
Bat. terubah	4	160	21

Sebaran nilai Chargeability meningkat pada lintasan 2 dibandingkan lintasan 1 dan cenderung menurun ke arah timur - utara lintasan 3 dan 4. Anomali chargeability > 30 mV/V tersebar membentuk huruf V terbalik pada lintasan 1 dan 2 (Gambar. 10). Sebaran anomali tersebut diduga sebagai gambaran adanya alterasi batuan yang mengandung sulfida logam, keberadaannya menempati 9.089.200 mN – 718.700 mE yang melebar sampai 9.089.800 mN – 719.200 mE dan setempat pada 9.090.400 mN – 718.700 mN (Gambar. 11).

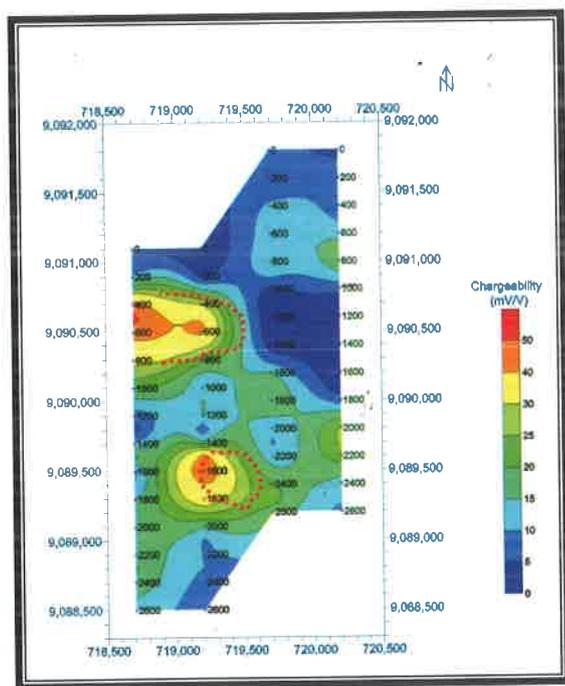
Sedangkan anomali tersebut bila digambarkan dalam penampang 2-D inversion yang diduga sebagai gambaran alterasi batuan yang mengandung sulfida logam terlihat pada lintasan 2 dan 1. Pada lintasan 2 terlihat di permukaan pada titik 9.089.900 mN dan 600 m dpl. di bawah permukaan titik 9.090.500 mN sedangkan pada lintasan 1 terlihat di permukaan pada titik 9.090.700 mN dan 400 m dpl. di bawah permukaan titik 9.089.150 mN, sebaran alterasi batuan yang mengandung sulfida logam diduga melebar ke arah bawah sampai 300 / 200 m dpl. (Gambar. 12, 13 dan 14)



Gambar. 11. Peta Apparent Chargeability daerah Tempursari (n = 3)



Gambar. 12. Penampang Chargeability daerah Tempursari



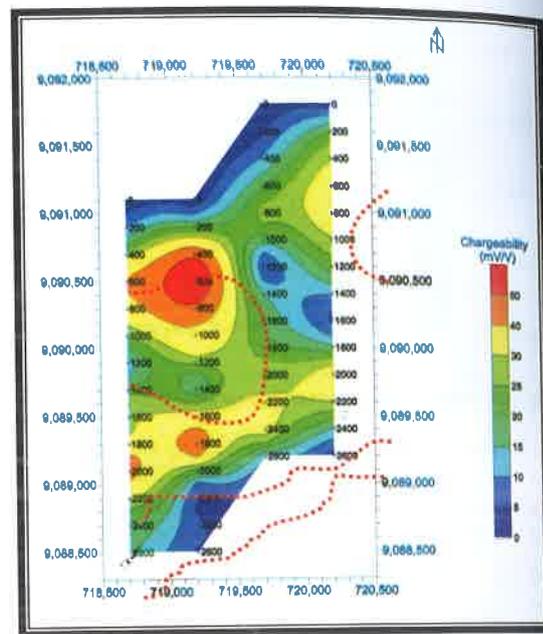
Gambar. 13. Peta chargeability daerah Tempursari (SL = 600 m)

**DISKUSI**

Seperti yang telah diuraikan di atas bahwa sebaran anomali geokimia tanah unsur-unsur Au, Cu, Pb, Zn dan As berkorelasi dengan zona kloritisasi di overprint oleh alterasi serisit – kaolin – pirit sedangkan zona argilik dengan piritisasi kuat menempati pada zona patahan dan berkorelasi dengan sebaran anomali Au, Pb dan As.

Hasil uji laboratorium dan informasi geologi, kenampakan resistivity dan chargeability di daerah kajian menggambarkan perbedaan jenis batuan dan struktur geologi

Resistivity : batuan-batuan di daerah kajian umumnya mempunyai resistivity beberapa ratus ohm-m dan antar batuan tidak menunjukkan resistivity yang mencolok. Batuan tersilisifikasi menunjukkan resistivity > dari batugamping yang mempunyai nilai resistivity > 1.000 ohm-m sedangkan batuan terargilitisasi maupun batuan yang mengalami pelapukan menunjukkan resistivity rendah.



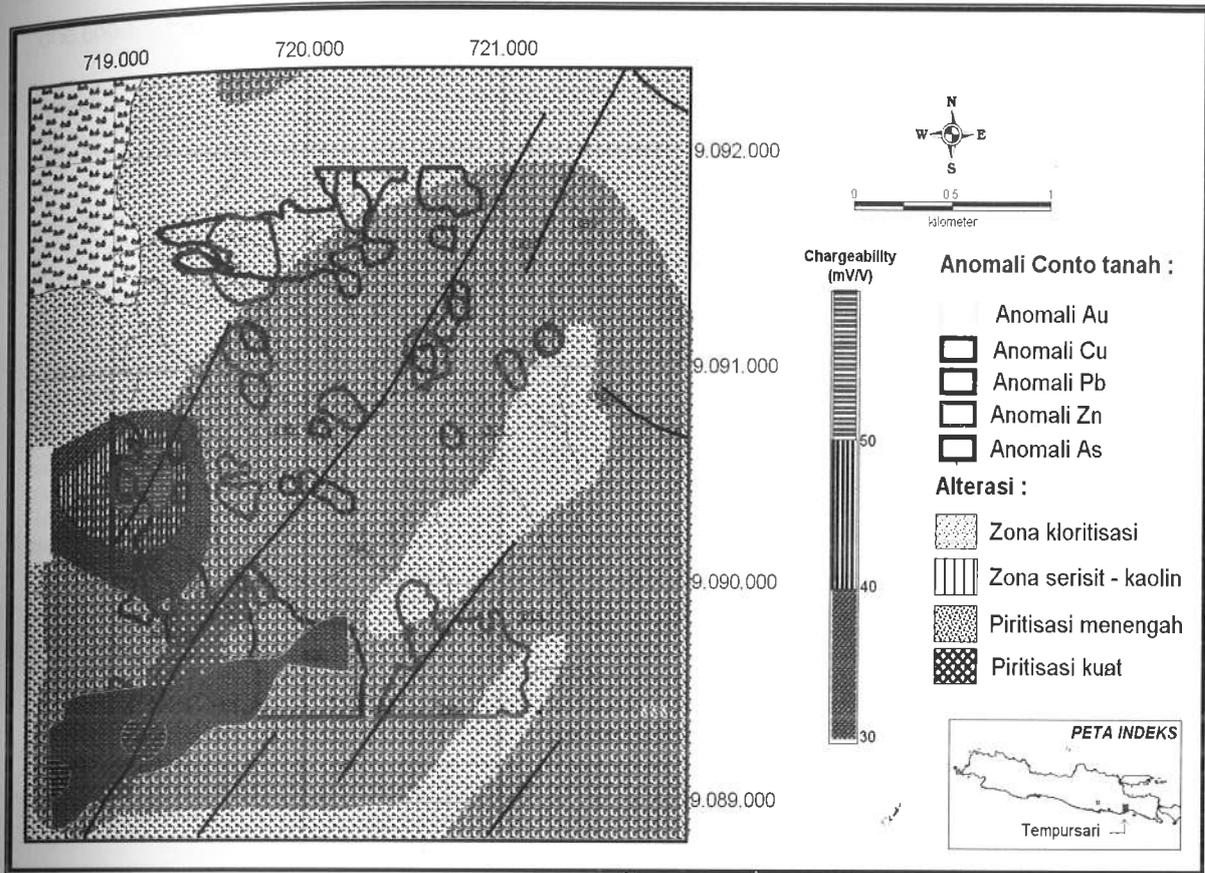
Gambar. 14. Peta chargeability daerah Tempursari (SL = 400 m)

Chargeability : di daerah kajian nilai background chargeability relatif tinggi (10 s/d 20 mV/V). Batugamping dan batuan tersilisifikasi menunjukkan chargeability rendah (< 10 mV/V), sedangkan batuan yang mengandung pirit tersebar dan batuan terargilitisasi menunjukkan nilai chargeability tinggi.

Hubungan antara anomali geokimia dan geofisika (IP) dengan mineralisasi logam : (Gambar. 15)

1. Hubungan anomali Geokimia – struktur geologi dan mineralisasi : dilihat dari sebaran anomali unsur-unsur Au, Cu, Pb, Zn dan As yang berkorelasi dengan alterasi serisit – kaolin – pirit keberadaannya berada pada zona patahan timur laut – barat daya yang tersingkap di hulu Sungai Ngrawan dan berkorelasi juga dengan sebaran anomali geokimia unsur Au, Pb dan As.
2. Hubungan antara anomali IP (resistivity dan chargeability) dengan struktur geologi dan mineralisasi : Pirit tersebar dan alterasi serisit – kaolin - pirit berkembang luas di daerah kajian yang terdapat pada batuan gunungapi – gunungapi klastik yang diterobos batuan dioritik. Mineralisasi sulfida logam teramati pada sebagian zona alterasi tersebut yang keberadaannya berkorelasi dengan anomali chargeability, oleh karena itu zona anomali chargeability mencerminkan adanya kandungan pirit tersebar didalam zona alterasi batuan yang diterobos oleh batuan diorit.

Nilai resistivity > 500 ohm m yang dikelilingi > 200 ohm m di dua lokasi membentuk kelurusan yang



Gambar 15. Peta anomali geokimia, anomali geofisika dan alterasi batuan daerah Tempursari, Kabupaten Lumajang – Jawa Timur

mencerminkan zona patahan berarah timurlaut – baratdaya dengan kedudukan mendekati tegak s/d miring 70 – 80° ke selatan.

**KESIMPULAN**

Mineralisasi logam di daerah ini terbentuk pada temperatur berkisar antara 231° s/d 293° C, erat dengan alterasi serisit – kaolin – pirit dan argilik – pirit yang dikontrol oleh struktur patahan berarah timur laut – barat daya dan terobosan diorit, keberadaannya berkorelasi dengan sebaran anomali Au, Cu, Pb, Zn dan As.

Pirit tersebar dalam alterasi serisit –kaolin – pirit yang berkembang luas di daerah ini terdapat pada batuan gunungapi andesitik yang diterobos batuan dioritik, mineralisasi sulfida logam teramati pada sebagian zona alterasi tersebut yang dicerminkan oleh anomali chargeability sedangkan struktur patahan dicerminkan oleh perbedaan nilai resistivity yang mencolok.

**ACUAN**

Anonim, 2002. *Report on the Mineral Exploration in the East Java Area the Republic of Indonesia phase I*, Metal Mining Agency of Japan/ Japan International Cooperation Agency.  
 ..... 2003. *Report on the Mineral Exploration in the East Java Area the Republic of Indonesia phase II*, Metal Mining Agency of Japan/ Japan International Cooperation Agency  
 ..... 2003. *Report on the Mineral Exploration in the East Java Area the Republic of Indonesia phase III*, Metal Mining Agency of Japan/ Japan International Cooperation Agency.

Chargeability cenderung lebih tinggi di bagian barat dan rendah di bagian timur, anomalnya terdeteksi pada empat lintasan yang polanya menunjukkan struktur vertikal sebagai cerminan adanya pirit tersebar didalam zona alterasi serisit – kaolin di sekitar batuan terobosan.

Analisis sebaran tubuh terobosan diorit, patahan dan chargeability yang tinggi tersebut diinterpretasikan bahwa bagian utara lembah S. Ngrawan hulu mempunyai potensi mineralisasi paling kuat.

**UCAPAN TERIMAKASIH**

Pada kesempatan ini kami ucapkan terimakasih kepada Ka. Pokja. Mineral, Pusat Sumber Daya Geologi yang telah mengizinkan pemakaian data dan diskusinya terhadap tulisan ini. Terimakasih kami sampaikan juga kepada redaksi buletin Sumber Daya Geologi yang telah memberi tempat termuatnya tulisan ini.

- Ratman, N., Suwarti T. dan Samodra, H, 1998. *Peta Geologi Indonesia Lembar Surabaya, skala 1 : 1.000.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sunuhadi, D. N., Widodo,W., dan Sukmana., 2001. *Laporan Inventarisasi dan Evaluasi Mineral Logam di daerah Pegunungan Selatan Kabupaten Pacitan, Kabupaten Ponorogo dan Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur Tahun Anggaran 2001*, Proyek Inventarisasi dan Evaluasi Bahan Galian Mineral Indonesia, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung
- Widodo, W., Nugroho W.B., Sukandar A.S dan Simangunsong H ., 2002. *Laporan Inventarisasi dan evaluasi Mineral Logam di Pegunungan Selatan Jawa Timur (Kabupaten Pacitan, dll.)*, Jawa Timur, (Kerjasama Teknik Pemerintah Indonesia/DJGSM dengan Pemerintah Jepang/JICA-MMAJ fase II), TA. 2002, Proyek Inventarisasi dan Evaluasi Bahan Galian Mineral Indonesia, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung.
- Widodo, W., Suharto S., Nugroho W.B dan Syahya S., 2003. *Laporan Inventarisasi dan evaluasi Mineral Logam di Pegunungan Selatan Jawa Timur (Kabupaten Pacitan, dll.)*, Jawa Timur, (Kerjasama Teknik Pemerintah Indonesia/DJGSM dengan Pemerintah Jepang/JICA-MMAJ fase III), TA. 2002, Proyek Inventarisasi dan Evaluasi Bahan Galian Mineral Indonesia, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung.

## STUDI MINERALOGI DAN INKLUSI FLUIDA TERHADAP MINERALISASI TUNGSTEN – EMAS SIGUNTU-LATUPA, KABUPATEN LUWU - SULAWESI SELATAN

Oleh:

Bambang Nugroho Widi

Kelompok Kerja Mineral - Pusat Sumber Daya Geologi

### SARI

Keterdapatan mineralisasi tungsten dan emas di daerah Latupa menarik untuk di pelajari khususnya yang berkaitan dengan batuan kontinen atau batuan granitik dalam tatanan geologi kepulauan di Indonesia.

Studi pada batuan terubah mengidentifikasi jenis-jenis ubahan yang terdiri atas argilik, propilitik hingga filik atau serisitisasi. Silisifikasi dijumpai secara lokal terutama di sekitar zona urat kuarsa.

Berdasarkan analisis mineragrafi dan mineralogi butir diketahui bahwa kumpulan mineral pada mineralisasi tersebut ditandai oleh sejumlah mineral sulfida – oksida yang terdiri atas arsenopirit, kalkopirit, pirit, magnetit, oksida mangan dan emas. Mineralisasi diasumsikan sebagai jenis urat hidrotermal mengandung tungsten, yang dijadikan fokus menarik dan penting untuk studi inklusi fluida. Sementara mineralisasi terjadi pada batuan induk granitik dan metasedimen.

Studi inklusi fluida yang dilakukan terhadap beberapa conto mineral dari daerah termineralisasi ini memperlihatkan bahwa mineralisasi terjadi dalam tiga fase suhu pembentukan, yang pertama terbentuk pada kisaran 200°C ~ 400°C dengan salinitas 3,4 ~ 10 equivalent wt% NaCl; yang kedua terbentuk pada kisaran 274°C ~ 348°C dengan salinitas antara 2.5 ~ 3.4 equivalent wt% NaCl dan yang terakhir pada suhu <150°C. Dengan menggunakan metoda Haas (1971) disimpulkan bahwa mineralisasi terjadi hingga kedalaman 1000 meter di bawah permukaan purba (paleosurface) atau pada zona epitermal bawah ~ mesothermal. Kuat dugaan bahwa mineralisasi di daerah ini terjadi pada lingkungan epitermal bagian bawah hingga mesothermal dengan kedalaman diperkirakan antara 500 m hingga lebih dari 1000 meter di bawah permukaan purba dengan kisaran suhu pembentukan antara 220° hingga diatas 400°C, sebagaimana dibuktikan oleh hasil studi inklusi fluida yang didukung oleh studi geokimia, mineragrafi, petrografi, mineralogi butir dan metoda analisis PIMA.

### ABSTRACT

*Tungsten – Gold mineralization occurrence of Latupa area is an unique case for being studied particularly in connection with host rocks of continental environment or cratonic granite environment of the Indonesia Archipelago geological setting.*

*The petrographic study on altered rocks has identified several types of alteration comprising argillitization, propylitization, and phyllic or sericitization; whilst silicification found locally in the vicinity of quartz vein zone.*

*Based on the analysis results of mineragraphy and grained mineralogy, that the mineralization is characterized by the presence of minerals association comprising a number of sulfide - oxide minerals such as arsenopyrite, chalcopyrite, pyrite, magnetite, manganese mineral and gold.. The mineralization was assumed as an hydrothermal vein type containing wolframite, which bringing it to be interesting and important focus for fluid inclusion study. Whilst the mineralization occurred within the host rocks of granite and metasediment .*

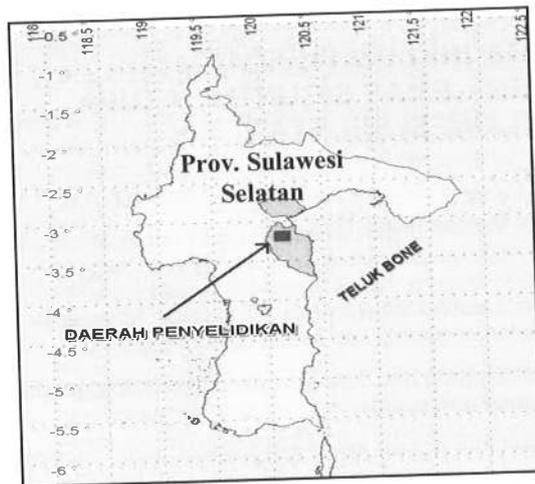
*Study of fluid inclusion conducted upon some samples of quartz and ore minerals has identified three phases of mineralization formation temperatures which consist of : First phase was formed in between 200°C to up 400°C with salinity of 3,4 ~ 10 equivalent wt% NaCl; second phase was formed in between 274°C to 348°C with salinity in between 2.5 to 3.4 equivalent wt% NaCl and the last phase was occurred at temperatures of less than 150°C. Using the calculation method of Haas (1971), the mineralization is concluded to occur within an environment of lower epithermal to mesothermal, in the depth of approximately 500 to a more than 1000 meters below the paleosurface with formation temperature of 220° to a higher than 400°C as proven by fluid inclusion study with supporting studies of geochemistry, ore mineragraphy, petrography, grained mineralogy and PIMA method analyses.*

### PENDAHULUAN

Cebakan bijih tungsten dibentuk oleh proses hidrotermal dan termasuk salah satu cebakan yang jarang ditemukan di Indonesia. Jenis cebakan ini pada umumnya terbentuk dalam lingkungan benua atau batuan granitik dengan ciri asosiasi mineral kasiterit dan molibdenit. Keterdapatan cebakan atau mineralisasi tungsten yang sudah dikenal di Indonesia adalah di wilayah Kepulauan Bangka – Belitung, dimana tungsten memiliki asosiasi erat dengan kasiterit.

Studi mineralisasi di daerah Siguntu – Latupa merupakan salah satu bagian dari kegiatan

penyelidikan terhadap kemungkinan pembentukan cebakan bijih tungsten pada lingkungan kompleks batuan granitik di wilayah Sulawesi Selatan. Kegiatan studi dilakukan dengan pendanaan oleh Direktorat Inventarisasi Sumberdaya Mineral Tahun Anggaran 2004, di wilayah ke Kecamatan Wara, ± 7 km dari Palopo, Kab. Luwu, atau sekitar ± 500 Km arah utara Kota Makassar (Gambar 1.)



Gambar 1.  
Lokasi Daerah penyelidikan terletak ± 500 Km utara Kota Makassar

### TATANAN TEKTONIK SULAWESI SELATAN

Secara tektonik Pulau Sulawesi terletak pada suatu kawasan dimana lempeng Eurasia – Australia dan Pasifik bertabrakan untuk membentuk struktur subduksi (Gambar 2; Van Lueewen, 1994). Pulau dibentuk oleh kompleks akresi, mélange, ofiolit dan fragmen-fragmen mikro-kontinen serta unsur-unsur tektonik lainnya yang agak sulit dipahami; hingga saat ini masih mengalami proses fragmentasi dan pembentukan kembali di sepanjang sesar utama geser dan naik.

Terdapat tiga sabuk litotektonik berbeda yang membentuk Pulau Sulawesi (Brouwer, 1947; Katili 1978; Hamilton, 1979 dalam Van Leeuwen, 1994); terdiri atas busur magmatik bagian barat, sabuk metamorfik bagian tengah dan di bagian timur disusun oleh *melange*, ofiolit batuan sedimen terimbrikasi. Sementara Taylor dan Van Leeuwen (1994) berpendapat bahwa busur magmatik yang terbentuk terdiri atas dua unsur berbeda yang dinamakan Sulawesi bagian utara dan Sulawesi bagian barat. Sulawesi bagian utara merupakan busur vulkanik dasitik – riodasit berumur Miosen-Resen, yang tumpang-tindih secara spasial dan terbentuk diatas batuan dasar basaltik marin berumur Eosen-Oligosen, serta kemungkinan ditumpangi oleh kerak samudera (Kavaleris dkk, 1992, dalam Van Leeuwen, 1994). Busur Sulawesi bagian barat memperlihatkan ciri lebih bersifat kontinen. Daerah penyelidikan termasuk ke dalam zona dari busur magmatik Sulawesi bagian barat, yang disusun oleh batuan metamorfik dan telah diterobos oleh batuan granodiorit hingga granitik.

### GEOLOGI DAERAH SIGUNTU - LATUPA

Daerah Siguntu dan sekitarnya merupakan daerah dengan ketinggian antara 400 meter ~ 1400 meter di atas permukaan laut dan kerapatan topografi yang tinggi. Ciri-ciri bentang alam pada daerah ini berlereng terjal - sangat terjal dengan kondisi sungai yang sempit dan dalam, dengan kemiringan lereng berkisar 45° ~ 60° dan setempat dapat mencapai 80° dimana ditandai oleh air terjun tinggi dengan dinding sungai yang tegak. Beberapa sungai memiliki air terjun dengan ketinggian mendekati 100 meter, seperti diperlihatkan di bagian hulu S. Tara dan S. Talang yang mengalir dan bermuara ke S. Latupa. Kenampakan bentang alam tersebut erat hubungannya

dengan litologi penyusunnya yang terdiri atas batuan filit, batu sabak, batupasir termalihkan, breksi dan terobosan granit.

Secara stratigrafi, batuan tertua di kawasan ini adalah batuan metasedimen, berumur Kapur terdiri atas filit, batu sabak dan batupasir termalihkan. Filit dan batusabak berwarna abu-abu kehitaman – hitam, berlapis, keras, dengan lapisan berarah U 20° T / 70° ~ U 80° T / 65°, dalam keadaan lapuk menyerpih. Batuan metasedimen tersebut tersebar hampir di seluruh daerah, dengan di beberapa lokasi dari aliran S. Tara dan sungai-sungai lainnya ditemukan berselingan dengan batupasir yang termalihkan kuat, berwarna abu-abu hingga kehijauan, berbutir sedang ~ kasar, keras dan masif. Sedangkan breksi tersebar secara terbatas pada bagian tertentu dengan komponen pembentuk disusun oleh hasil rombakan batuan sekelilingnya.

Terobosan granit berumur Miosen, dijumpai di S. Tara dan S. Talang, berwarna abu-abu keputihan, keras, euhedral, berbutir kasar, tekstur faneritik. Secara mikroskopis sebagian dari granit di kawasan ini menunjukkan jenis granit genes. Di beberapa tempat granit memperlihatkan kontak jelas dengan batuan filit dan sabak, membentuk gejala *backing effect* menyebabkan batuan di sekitarnya berubah silisifikasi.

Struktur geologi yang berkembang adalah sesar geser, dengan arah umum barat-timur dan baratlaut-tenggara; diduga memiliki peranan penting sebagai saluran lewatnya larutan hidrotermal pembentuk mineralisasi.

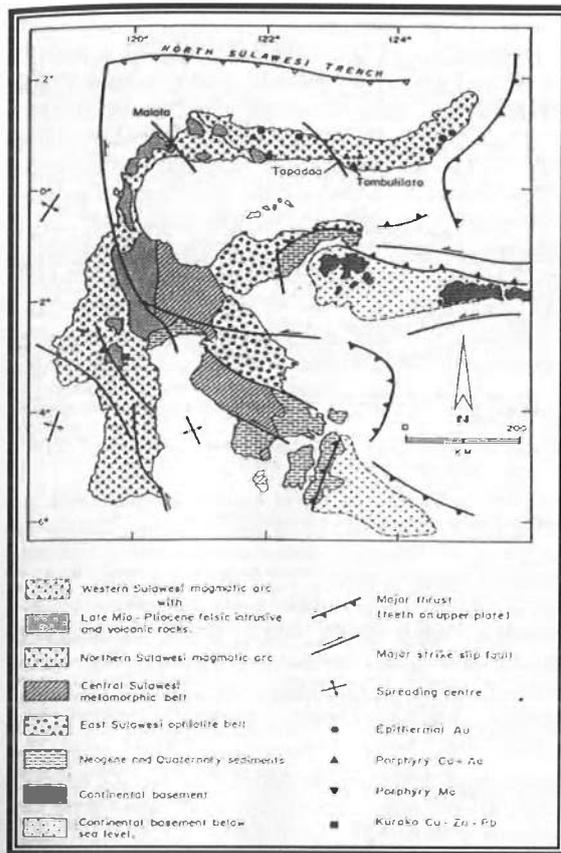
### UBAHAN HIDROTHERMAL DAN MINERALISASI

Ubahan hidrotermal dan mineralisasi berkembang baik terutama di daerah aliran S.Tara dan S.Talang. Pada umumnya mineralisasi di tandai oleh adanya urat-urat kuarsa mengandung mineral sulfida dan oksida seperti : arsenopirit, wolframit, magnetit, hematit, kalkopirit, pirit, oksida mangan, realgar dan sinabar; mengisi rekahan batuan metasedimen dan granit dengan gejala ubahan berupa filik, argilik dan silisifikasi.

#### Mineralisasi S. Tara.

Pada aliran S.Tara hilir teridentifikasi urat kuarsa berarah U 170° T/ 70°, menerobos batuan granit dan filit. Urat kuarsa memiliki ketebalan sekitar 15 cm, berwarna putih; bertekstur gula (*sugary*), *vuggy* dan sisir (*comb*). Salah satu karakteristik dari urat adalah berwarna coklat ~ coklat tua terkadang kemerahan dan keropos, diduga dihasilkan oleh proses oksidasi pada urat tersebut. Mineralisasi yang terbentuk mengandung asosiasi mineral yang terdiri atas arsenopirit, magnetit, hematit, kalkopirit, bornit, pirit, sinabar dan realgar. Wolframit juga terdeteksi sebagai butiran yang relatif runcing dan berwarna hitam kemerahan, sedangkan emas memiliki bentuk butiran menyudut tanggung.

Di bagian hulu S.Tara, urat kuarsa yang tersingkap dengan arah U20°T/90°, menerobos batuan granit, membentuk zona urat selebar 40 cm, berwarna putih susu (*milky*) – bening, dengan tekstur breksi (*breccia*), *vuggy*, gigi anjing (*dogteeth*) dan kristalin pada bagian dalamnya. Mineralisasi yang terjadi mengandung asosiasi mineral dari arsenopirit, kalkopirit, sfalerit, galena, hematit dan oksida besi (Gambar 3).



Gambar 2  
Tatanan tektonik P. Sulawesi menurut Hamilton (1979)  
dan Silver (1983) dalam Van Leeuwen (1994)

**Mineralisasi S.Talang.**

Indikasi mineralisasi ditandai oleh terobosan urat kuarsa pada batuan filit mengandung mineral-mineral sulfida yang terdiri atas arsenopirit, kalkopirit, galena, sfalerit dan butiran halus pirit tersebar. Ubahan hidrotermal dan mineralisasi di jumpai di bagian hilir, bagian tengah dan bagian hulu. Di bagian hilir sekitar 400 meter dari cabang antara S.Talang dengan S.Pajan ditemukan urat berarah U.160°T/65°, dengan lebar sekitar 20 cm, berwarna putih - putih kecoklatan, tekstur berlapis (*banded* ?) dan sisir (*comb*); mengandung asosiasi mineral terdiri dari pirit, sfalerit, kalkopirit, galena dan oksida besi. Batuan terubah di sekitar urat umumnya berupa filik dan silisifikasi. Di bagian tengah sungai teridentifikasi urat kuarsa menerobos batuan yang sama, berarah U.170°T/80°, lebar zona urat ± 50 cm dan ketebalan urat tunggal sekitar 6 cm. Mineral sulfida terdiri atas pirit, arsenopirit, galena, hematit dan oksida besi. Batuan samping mengalami ubahan silisifikasi dan filik. Di bagian hulu sungai, mineralisasi ditunjukkan oleh penerobosan urat kuarsa berarah U.70°T/80°, ketebalan urat ± 10 cm, putih - kecoklatan, mengandung mineral sulfida yang membentuk menyerupai perlapisan dalam urat, terdiri atas arsenopirit, kalkopirit, galena, sfalerit dan pirit halus.

**Mineralisasi S. Pajan dan Reme,**

Mineralisasi yang terbentuk di daerah aliran S. Pajan dan S. Reme tidak menunjukkan intensifitas

seperti di daerah S. Tara maupun S.Talang. Beberapa indikasi mineralisasi menarik di daerah hilir S.Pajan : mineral pirit halus mengisi rekahan dan memotong batuan filit, membentuk semacam *stockwork*, adanya bongkah urat kuarsa mengandung mineral sulfida sfalerit dan pirit halus dalam batupasir termalihkan. Penyebaran ubahan argilik dan silisifikasi pada batuan dijumpai hampir di sepanjang S.Pajan dan S.Reme, umumnya disertai dengan munculnya pirit halus di beberapa lokasi. Selain indikasi diatas dijumpai juga adanya bongkah-bongkah batupasir dengan urat kuarsa mengandung galena, sfalerit. Peta geologi, ubahan hidrotermal dan mineralisasi dapat dilihat pada gambar berikut ini (Gambar 4).

**METODOLOGI STUDI**

Metodologi studi meliputi pemercontaan batuan dan bijih di lapangan dan analisis laboratorium yang terdiri atas inklusi fluida, petrografi, mineragrafi dan butir mineral. Analisis laboratorium dilakukan untuk memperoleh informasi tentang keterjadian mineralisasi/cebakan bijih dan aspek-aspek lain yang berkaitan dengan pembentukannya. Sebagian besar pelaksanaan analisis laboratorium dilakukan di Direktorat Inventarisasi Sumberdaya Mineral, Bandung; sementara analisis inklusi fluida dilaksanakan di laboratorium Geo-Teknologi LIPI, Bandung.

Conto untuk analisis inklusi fluida umumnya berupa mineral-mineral transparan antara lain urat kuarsa, barit dan karbonat; mineral bijih sfalerit dan kasiterit, yang diambil secara terpilih dari singkapan. Pemercontaan urat kuarsa diutamakan mengandung emas serta mineral-mineral bijih sulfida dan oksida seperti wolframit, kalkopirit, galena, pirit, magnetit dan hematit yang terdapat dalam singkapan batuan induk terubah dan termineralisasi. Pengukuran dilakukan pada inklusi fluida primer dengan ciri dua fase – atau lebih dan bersifat terisolasi (*isolated multy-phases*).

Beberapa conto mineral bijih juga diambil untuk keperluan analisis mineragrafi dan kimiawi, sebagian dipilih untuk analisis petrografi PIMA (Portable Infra red Mineral Analyzer) dan spesimen. Penggunaan metoda analisis PIMA bertujuan untuk mengetahui jenis ubahan hidrotermal, sementara analisis inklusi fluida dilakukan untuk mengetahui suhu dan kedalaman pembentukan mineralisasi.

Metoda analisis mineralogi butir digunakan untuk mengetahui susunan mineral (dalam bentuk butiran mineral) dari conto konsentrat dulang dan serbuk (hasil penghancuran/ penumbukan) yang berasal dari khususnya lingkungan daerah mineralisasi.

Studi inklusi fluida dilakukan untuk mendapatkan informasi tentang sistim hidrotermal, suhu pembentukan mineralisasi/ cebakan bijih dan kedalaman lingkungan pembentukan mineralisasi dalam suatu sistim hidrotermal (Roedder E., 1979).

**HASIL ANALISIS LABORATORIUM**

Setelah dilakukan analisis laboratorium dan evaluasi terhadap hasil analisis maka di peroleh informasi sebagai berikut :

Dari analisis mineralogi butir jenis-jenis mineral teridentifikasi dari conto konsentrat dulang dari S. Tara





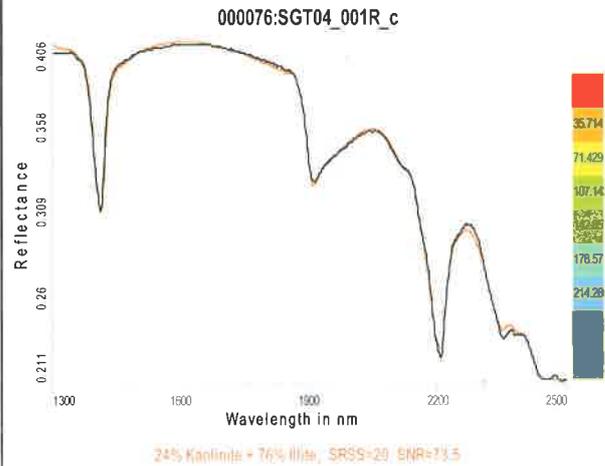
**PEMBAHASAN**

Cebakan bijih tungsten (wolfram) primer dapat terjadi melalui 3 (tiga) model pembentukan yaitu hidrotermal (urat/vein – pipa/pipe), skarn (di lingkungan karbonat) dan porfiri (Clarke, 1982). Pembentukan di daerah ini berdasarkan model tersebut diatas dapat dimasukkan kedalam kategori model hidrotermal urat (vein), berasosiasi dengan mineral magnetit-hematit. Urat hidrotermal menerobos batuan metasedimen dan batuan granit genes (gneissic granite). Kemungkinan besar mineralisasi terjadi dalam suatu lingkungan batuan dengan sistim bukaan struktur (opening system) atau rekahan, dimana larutan hidrotermal yang melaluinya membentuk cebakan bijih primer. Hasil analisis mineralogi butir dan mineragrafi diperkirakan mineralisasi terbentuk dari suhu tinggi hingga rendah berdasarkan pada mineral indikatornya seperti wolframit-magnetit-arsenopirit hingga sinabar - realgar.

Di duga berdasarkan asosiasi mineral yang ada di daerah penyelidikan telah terjadi tiga fase pembentukan mineralisasi : (1) Fasa pertama, mineralisasi terbentuk pada suhu tinggi, menghasilkan asosiasi mineral arsenopirit, pirit, tungsten, magnetit-hematit, dan kalkopirit. (2) Fasa kedua, mineralisasi terbentuk pada suhu yang lebih rendah yang menghasilkan asosiasi mineral sfalerit, galena, kalkopirit dan bornit, (3). Fase ketiga atau terakhir, pembentukan mineralisasi menghasilkan asosiasi mineral realgar dan sinabar yang diendapkan pada suhu sangat rendah (<150°C).

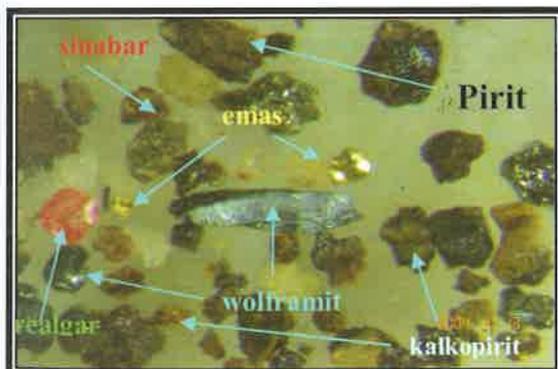
Dihubungkan dengan hasil analisis inklusi fluida bahwa pembentukan mineralisasi diperkirakan

berlangsung pada kisaran suhu 222° C hingga diatas 400°C, dengan salinitas antara 3,4 ~ 10 equivalent wt% NaCl. Hasil analisis inklusi fluida menunjukkan adanya keterkaitan dengan pembentukan mineralisasi pada suhu berkisar antara 274 ~ 348°C dan nilai salinitas antara 3,4 ~ 4,5 equivalent wt%NaCl. Emas diperkirakan dapat terbentuk pada fase pertama kedua sedangkan sangat kecil sekali kemungkinannya emas terbentuk pada fase ketiga. Ini diperoleh berdasarkan hasil analisis mineralogi butir.

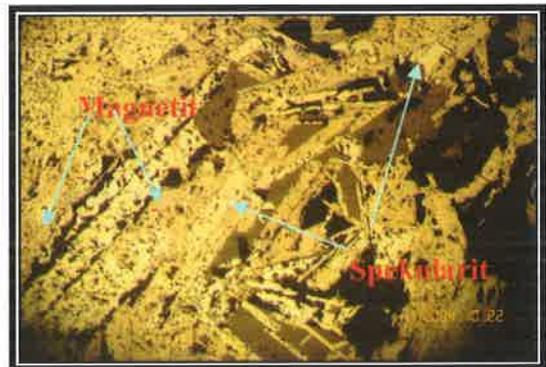


Gambar 8.

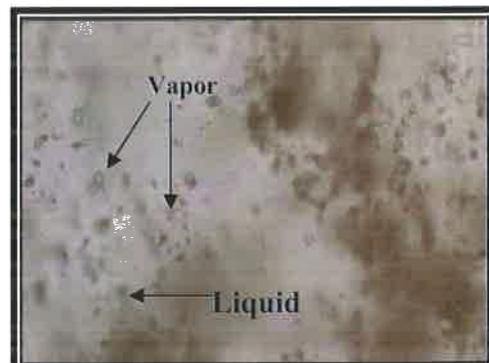
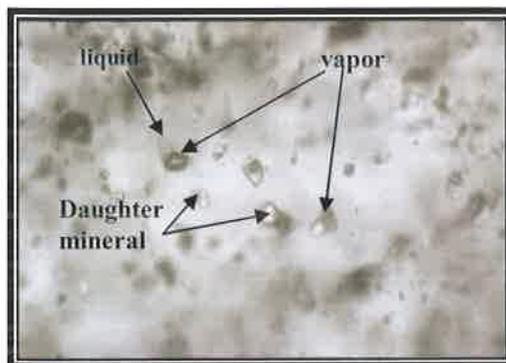
Bentuk grafik yang memperlihatkan jenis ubahan filik dari lokasi percabangan S. Talang dan S.Paja



Gambar 5. Fotomikrograf yang memperlihatkan berbagai jenis mineral di dalam conto dari S. Tara (perbesaran 25X).



Gambar 6. Fotomikrograf memperlihatkan hubungan intergrowth magnetit dan spekulirit (perbesaran 400 X).



Gambar 7. Tipikal inklusi fluida primer dari daerah Siguntu-Latupa.

Pada umumnya cebakan tungsten dan kasiterit berada pada lingkungan pembentukan yang berdekatan seperti yang ditemukan di P. Bangka dan daerah-daerah lainnya. Sementara pada kasus di Daerah Siguntu-Latupa teridentifikasi perbedaan pembentukannya yang ditunjukkan oleh penemuan magnetit-hematit sebagai asosiasi mineral, sekalipun pada lingkungan batuan granitik-metasedimen.

Berdasarkan asosiasi mineral dan hasil analisis inklusi fluida menurut Dewey (1925) dan Staton (1972) diperkirakan mineralisasi terbentuk pada kisaran suhu 400°C ~ 500°C. Hubungan antara suhu, kedalaman dan asosiasi mineralnya dapat dilihat pada Gambar 10. Sedangkan berdasarkan asosiasi mineral dan analisis inklusi fluida mineralisasi termasuk kedalam zona suhu diatas 400°C dengan salinitas kurang dari 26 equivalent wt% NaCl. (Grant dkk, 1977).

Pembentukan tungsten di daerah Siguntu dibandingkan dengan yang ditemukan daerah Bangka memiliki banyak perbedaan (Rusmana & Hamdan, 2004) terutama ditandai oleh asosiasi yang erat dengan kasiterit. Hingga saat ini di daerah Siguntu belum ditemukan adanya kasiterit; sementara mineral-mineral dengan kandungan logam dasar dan besi hadir secara melimpah antara lain kalkopirit, sfalerit, galena, bornit, magnetit dan hematit. Walaupun demikian pembentukan tungsten di daerah Siguntu terjadi pada zona tektonik serupa dengan daerah Bangka yaitu berada pada lingkungan "back arc".

**KESIMPULAN**

- Mineralisasi tungsten di daerah Siguntu ditandai oleh penerobosan urat kuarsa mengandung mineral sulfida dan oksida yang menerobos batuan granit dan metasedimen.
- Model mineralisasi yang terdapat di daerah ini termasuk ke dalam jenis urat hidrotermal dengan asosiasi mineral : arsenopirit, pirit, wolframit, magnetit, hematite, kalkopirit, bornit, sfalerit, galena, emas, sinabar dan realgar serta mineral oksida besi lainnya.
- Berdasarkan analisis inklusi fluida terdeteksi suhu pembentukan berkisar antara 222° ~ 400°C, salinitas antara 3,4 ~ 10 equivalent wt% NaCl, menunjukkan kedalaman pembentukan mineralisasi hingga 1400 meter di bawah "paleosurface".
- Tiga fasa pembentukan mineralisasi diperkirakan terjadi di daerah ini : (1) Fasa bersuhu tinggi kisaran dari 222° C hingga diatas 400°C, mengandung asosiasi mineral : arsenopirit, wolframit, magnetit-hematit emas dan kalkopirit. (2) Fasa kedua bersuhu antara 274 ~ 348°C, mengandung asosiasi mineral galena, sfalerit, kalkopirit-bornit dan emas. (3) Fasa ketiga bersuhu <150°C, mengandung asosiasi mineral sinabar dan

**ACUAN**

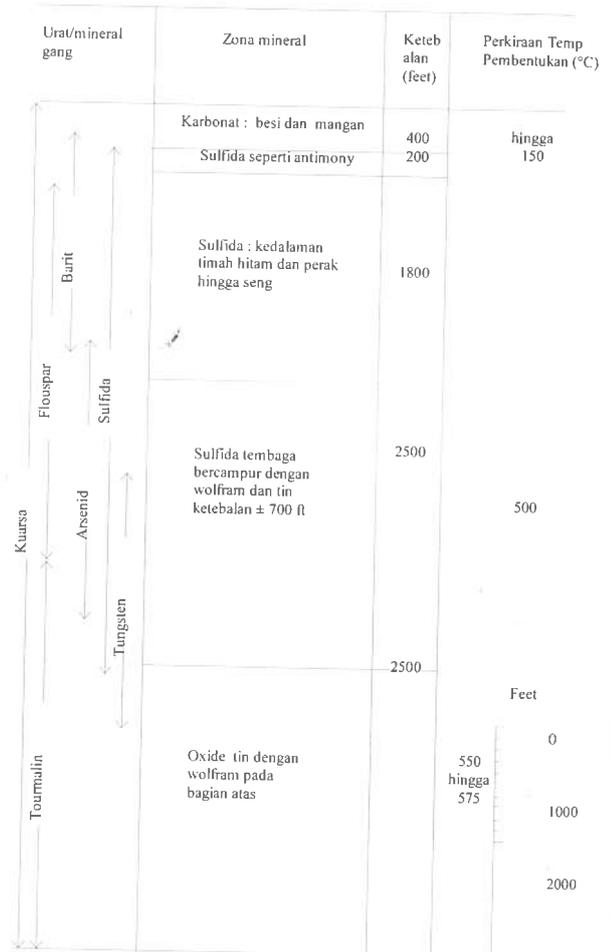
Brouwer, H.A., (1947) *Geological Exploration in the Island of Celebes : Geological summary and petrology*. North Holland Publishing Co., Amsterdam. 64 pp.  
 Clarke K.F, Foster CT. and Damon PE.; 1982; *Cenozoic mineral deposits and subduction related magmatic arcs in Mexico*. Bull Geol Soc Am 93: 533-544

realgar. Sedangkan oksida besi diduga terbentuk karena proses sekunder.

- Di dibandingkan dengan mineralisasi tungsten di daerah Bangka, maka mineralisasi di daerah Siguntu memiliki perbedaan dengan tidak ditemukannya mineral kasiterit.

**UCAPAN TERIMAKASIH**

Penulis mengucapkan terimakasih banyak kepada Kepala Pusat Sumber Daya Geologi, yang telah memberikan kesempatan dan dorongan hingga terealisasinya karya tulis ini. Juga kepada semua pihak terkait di Jajaran Pusat Sumber Daya Geologi, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis sehingga terwujudnya tulisan ini.



Gambar 9. Diagram yang menggambarkan korelasi antara temperatur, kedalaman dan zona mineralisasi (Dewey, 1925 dalam Staton 1972)

- Grant, J.N, Halls, C. and Avila G.; 1977; *Igneous Geology and the Evolution of Hydrothermal system in some sub volcanic tin deposit of Bolivia*, Geol.Soc.London Spec Publ 7:117-126.
- Hamilton.W.H., (1979) *Tectonic of Indonesian Regions*. U.S. Geol. Surv.Prof.Pap. 1078, 345 pp.
- Katili. J, (1978) *Past and present geotectonic position of Sulawesi, Indonesia*, Tectonophysics, 45:289-322.
- Ramdohr, P.; 1980, *The ore minerals and their intergrowths*, First edition, Pergamon Press, Oxford-New York-Toronto-Sydney-Paris-Frankfurt.
- Roedder, E., (1979) *Fluid Inclusion*, Mineral.Soc.Am.Rev.Mineral., 12, 644.
- Rusmana, E and Hamdan Z.A., 2004, *Wolframite associated with tin deposit in Bangka : Prospect and Origin*, Majalah Geologi Indonesia, Vol.19, No.1, April 2004.
- Silver. E..A., Mc Caffrey, R., Joyodiwiry, Y. And Steven, S., (1983) *Ophiolite emplacement by collision between the Sula platform and the Sulawesi Island Arc, Indonesia*. J. Geophy. Res., 88: 9419-9435
- Staton, 1972; *Ore Petrology*, Mc.Graw Hill Company, New York-San Francisco-London-Sydney-Toronto.

## PEMANFAATAN DAN PERMASALAHAN CEBAKAN MINERAL SULFIDA PADA KEGIATAN PERTAMBANGAN

Oleh :

Sabtanto Joko Suprpto

Kelompok Kerja Konservasi – Pusat Sumber Daya Geologi

### SARI

Mineral sulfida berupa ikatan antara sulfur dan logam dijumpai tersebar di alam dalam kadar dan dimensi kecil sampai besar. Cebakan sulfida dalam jumlah besar dapat menjadi bahan galian ekonomis yang layak ditambang.

Dispersi logam berat beracun berbahaya dapat terjadi secara alami, berasal dari tubuh bijih sulfida yang tersingkap atau berada dekat permukaan. Unsur logam dari bijih sulfida terbawa bersama aliran air tanah dan air permukaan menyebar ke lingkungan sekitarnya membentuk rona awal dengan sebaran kandungan logam yang tinggi.

Proses penambangan dengan membongkar dan memindahkan bahan galian mengandung sulfida menyebabkan terbukanya sulfida terhadap udara bebas. Pada kondisi terpapar pada udara bebas mineral sulfida akan teroksidasi dan terlarutkan membentuk air asam tambang. Air asam tambang berpotensi melarutkan logam yang terlewati sehingga membentuk aliran mengandung bahan beracun berbahaya yang akan menurunkan kualitas lingkungan.

Pembentukan air asam cenderung lebih intensif terjadi pada daerah penambangan. Hal ini dapat dicegah dengan menghindari terpaparnya bahan mengandung sulfida pada udara bebas. Penanganan air asam tambang dapat dilakukan dengan menetralkan menggunakan bahan penetral atau mengolahnya agar memenuhi batas baku mutu.

### ABSTRACT

*Sulphide minerals in the form of bonding between sulphur and metallic elements are widely spread in nature with their various grade and dimension. A large number of sulphide minerals may form deposits that can be economical and mineable.*

*Dangerous and poisonous heavy metals can disperse naturally, resulted from sulphide ore bodies that are exposed or situated near surface. Metallic elements of sulphide ores are transported by ground water and river flow, spreading out into surrounding environment and forming initial high values of metal distribution.*

*Mining activities of sulphide ores may cause more sulphide-bearing rocks to be exposed. In such condition, sulphide minerals can be oxidized and dissolved forming mine acid water. This type of acid water can potentially dissolve metallic elements and pass through, forming mine water drainage that is dangerous and poisonous and degrading environment quality.*

*Formation of acid water tends to happen more intensively in mining areas. This can be prevented by minimizing exposures of sulphide bearing materials. Acid water treatment can be done by using neutralizer materials or by processing the acid water to fulfill the standard of water quality.*

### PENDAHULUAN

Cebakan mineral sulfida berupa ikatan unsur belerang dengan logam, di alam dapat menjadi sumber daya logam, yang dalam jumlah besar dapat berpotensi ekonomi untuk diusahakan. Selain menyusun tubuh bijih logam, mineral sulfida dijumpai sebagai bagian dari penyusun endapan batubara.

Mineral sulfida dapat terbentuk sebagai hasil aktifitas hidrotermal maupun sebagai hasil proses sedimentasi. Mineral sulfida sering dijumpai berupa pirit, kalkopirit, spalerit dan galena.

Dari karakteristiknya mineral sulfida dapat dimanfaatkan sebagai bahan industri metalurgi maupun kimia, namun di alam potensial juga sebagai penghasil air asam yang dapat menurunkan kualitas lingkungan.

Air asam dapat terbentuk secara alami, sebagai akibat teroksidasi dan terlarutkannya sulfida ke dalam sistem aliran air permukaan dan air tanah menyebabkan turunnya pH air. Kegiatan penambangan, dengan membongkar endapan sulfida, berpotensi memperbesar dan mempercepat proses pembentukan air asam.

Pembentukan air asam akibat kegiatan penambangan atau sering disebut dengan air asam tambang perlu dicegah. Air asam tambang yang tidak dapat dihindarkan terbentuk di wilayah tambang, harus dinetralkan agar tidak berdampak buruk terhadap lingkungan sekitarnya.

### GEOLOGI

Mineral sulfida dapat dijumpai pada tiga jenis utama batuan, yaitu pada batuan beku, sedimen maupun malihan. Namun kandungan potensial biasanya terdapat pada cebakan yang terbentuk dari hasil aktifitas hidrotermal. Aktifitas hidrotermal menghasilkan batuan teralterasi dan termineralisasi mengandung mineral sulfida dalam beberapa jenis dengan asosiasi tertentu, tergantung pada tipe mineralisasi dan alterasinya (Tabel 2). Kandungan mineral sulfida pada tubuh endapan hasil aktifitas hidrotermal dapat beberapa persen saja atau berupa endapan sulfida masif, yaitu hampir seluruhnya terdiri dari mineral sulfida.

Mineral sulfida pada endapan sedimen terbentuk terutama pada lingkungan pembentukan batubara. Sulfida yang terbentuk tidak mempunyai potensi ekonomi, akan tetapi potensial sebagai pembentuk air asam tambang. Pada endapan batubara selain sulfur yang berasal dari mineral sulfida, terdapat juga sulfur dari sulfat dan sulfur organik.

Pada daerah terdapatnya cebakan bijih sulfida dan batubara, tidak selalu potensial terhadap pembentukan air asam. Hal ini sangat tergantung pada kondisi geologi dan tipe mineralisasinya. Kondisi geologi dan tipe mineralisasi/alterasi tertentu dapat secara alami menetralkan asam yang terbentuk, yaitu apabila pada lingkungan geologinya atau alterasi dan mineralisasinya menghasilkan mineral-mineral penetral (Tabel 1).

Mineralisasi tipe *skarn* dan *Carlin* terbentuk pada litologi mengandung karbonat. Kandungan karbonat berpotensi menetralkan asam yang terbentuk. Demikian juga pada beberapa tipe mineralisasi (Tabel 1), meskipun kemampuan menetralkan dari masing-masing jenis mineral tersebut tidak sama.

**PEMANFATAN MINERAL SULFIDA**

Cebakan mineral sulfida dalam dimensi/ kadar besar sangat potensial untuk dimanfaatkan bagi usaha pertambangan. Cebakan ekonomis yang terdiri dari bijih sulfida dapat mempunyai sebaran secara lateral maupun vertikal beberapa puluh meter sampai dengan ratusan meter, jumlah cadangan bijih beberapa puluh juta ton sampai dengan ribuan juta ton (Gambar 1). Pemanfaatan cebakan mineral sulfida dengan mengekstrak bijih menjadi komponen bernilai ekonomi yang dapat terdiri dari logam, bahan kimia, serta bahan baku untuk industri lain. Jenis komoditas yang dihasilkan tergantung pada tipe cebakannya (Tabel 2).

Komoditas hasil penambangan dan pengolahan dari cebakan bijih sulfida, selain berupa logam, dapat dihasilkan juga produk sampingannya. Cebakan bijih sulfida meskipun potensial menghasilkan air asam, namun di pabrik pengolahan, komponen pembentuk bahan beracun berbahaya tersebut dapat diolah menjadi komoditas ekonomi. Pabrik pengolah bijih Cu-Au tipe porfiri, selain menghasilkan logam tembaga, emas dan perak, diperoleh juga hasil sampingan berupa asam sulfat, besi dan gips. Sedangkan pengolahan cebakan tipe Carlin selain menghasilkan emas dan perak, juga menghasilkan merkuri.

Penambangan cebakan sulfida dapat dilakukan dengan sistem bawah permukaan maupun tambang permukaan. Penambangan tidak dengan cara menggali dan mengolah seluruh endapan sulfida yang ada, akan tetapi hanya menambang bijih yang mempunyai kadar ekonomis. Demikian juga tidak semua jenis sulfida yang tergalikan seluruhnya mempunyai nilai ekonomi. Bijih sulfida dengan kadar di bawah *cut off grade* akan ditampung pada *waste dump* atau tertinggal di dalam *pit*.

Bijih sulfida diolah untuk mengambil kandungan bahan ekonomis, sedangkan bahan tidak ekonomis serta kandungan unsur yang lain akan terbawa bersama *tailing*. Oleh sebab itu *tailing* yang merupakan sisa hasil pengolahan kemungkinan besar masih mengandung bahan pembentuk asam.

Tabel 1.

Tipe cebakan mengandung mineral penetral air asam (dari beberapa sumber)

PENETRAL ASAM	TIPE ENDAPAN
Karbonat CaCO <sub>3</sub> dan MgCa(CO <sub>3</sub> )	Skarn W, skarn Sn, skarn Cu, skarn Pb-Zn, skarn Fe, <i>carbonate-hosted Au, silica-carbonate Hg, polymetallic replacement</i>
Magnesit MgCO <sub>3</sub>	Urut hidrotermal, pegmatit
Rodokrosit MnCO <sub>3</sub>	Karbonatit, skarn Zn-Pb, <i>polymetallic replacement, Mn epitermal, replacement Mn, polymetallic veins, volcanogenic Mn, Mn epitermal</i>
<i>Witherite</i> BaCO <sub>3</sub>	Perlapisan barit
<i>Ankerit</i> CaFe(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Karbonatit, <i>polymetallic veins, Au-urat kuarsa sulfida rendah</i>
<i>Brucite</i> Mg(OH) <sub>2</sub>	<i>Serpentine-hosted asbestos</i>
Malahit Cu <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (OH)	Skarn Cu
Gibsit Al(OH) <sub>3</sub>	Laterit bauksit
Limonit FeO(OH)	Urut kuarsa, laterit
Manganit MnO(OH)	Urut hidrotermal suhu rendah

Tabel 2.

Tipe endapan dan komoditas yang dihasilkan

TAMBANG	TIPE ENDAPAN	KOMODITAS
Grasberg, Ertzberg	Porfiri Cu-Au, Skarn	Cu, Au, Ag
Batu Hijau	Porfiri Cu-Au	Cu, Au, Ag
Pongkor	Urut epitermal	Au, Ag
Gosowong	Urut epitermal	Au, Ag
Mesel	Carlin	Au, Ag
Riska	Epitermal HS	Au, Ag

**PERMASALAHAN MINERAL SULFIDA**

Permasalahan mineral sulfida terjadi apabila terpapar pada udara bebas akan teroksidasi, terlarutkan oleh air permukaan atau air tanah membentuk air asam. Air asam akan melarutkan logam yang terlewat sehingga menghasilkan bahan beracun berbahaya yang berpotensi mencemari lingkungan, terutama air permukaan dan air tanah.

Aliran air asam apabila memasuki badan air akan menyebabkan turunnya pH, sehingga menjadi lingkungan yang tidak layak untuk dihuni oleh ikan dan sejenisnya. Sedangkan apabila mengenai tumbuhan akan menyebabkan mati atau tumbuh kerdil.



Gambar 1.  
Tambang Tembaga Batu Hijau, pemanfaatan cebakan mineral sulfida tembaga

Mineral sulfida pembentuk asam yaitu antara lain pirit ( $\text{FeS}_2$ ), markasit ( $\text{FeS}_2$ ), pikolit ( $\text{Fe}_x\text{S}_x$ ), kalkosit ( $\text{CuS}$ ), kovelit ( $\text{CuS}$ ), kalkopirit ( $\text{CuFeS}_2$ ), molibdenit ( $\text{MoS}$ ), mulenit ( $\text{NiS}$ ), galena ( $\text{PbS}$ ) dan sfalerit ( $\text{ZnS}$ ). Dari semua mineral tersebut, pirit merupakan sulfida paling dominan dalam pembentukan asam. Proses pembentukan asam dapat dijelaskan dengan persamaan kimia sebagai berikut :

- 1)  $\text{FeS}_2 + 7/2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$
- 2)  $\text{Fe}^{2+} + 1/4\text{O}_2 + \text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{3+} + 1/2\text{H}_2\text{O}$
- 3)  $\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$
- 4)  $\text{FeS}_2 + 1/4\text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 15\text{Fe}^{2+} + 2\text{SO}_4^{2-} + 16\text{H}^+$

Pada reaksi 1), pirit teroksidasi membentuk asam ( $2\text{H}^+$ ), sulfat dan besi ferrous ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Reaksi 2), besi ferrous akan teroksidasi membentuk besi ferri ( $\text{Fe}^{3+}$ ) dan air pada suasana asam. Reaksi 3) besi ferri ( $\text{Fe}^{3+}$ ) dihidroksida membentuk hidroksida besi dan asam. Pada reaksi 4), hasil reaksi 2) akan bereaksi dengan pirit yang ada, dimana besi ferri bertindak sebagai katalis sehingga terbentuk besi ferrous, sulfat dan asam. Pembentukan asam tersebut dapat dipercepat dengan kehadiran bakteri *Thiobacillus Feroxidans* yang dapat berperan pada tahapan reaksi ke 2) memicu pembentukan ( $\text{Fe}^{3+}$ ) sehingga mempercepat pembentukan asam selanjutnya.



Gambar 2.  
Warna kecoklatan, hasil oksidasi mineral sulfida pada singkapan batubara

Pembentukan air asam dapat terjadi secara alami maupun sebagai akibat kegiatan penambangan.

### Pembentukan Air Asam dan Dispersi Unsur Logam Secara Alami

Cebakan bahan galian yang secara alami potensial menghasilkan air asam umumnya berupa bijih logam primer. Pembentukan air asam terjadi pada endapan mengandung mineral sulfida yang tersingkap atau berada dekat permukaan, sehingga pada kondisi terpapar pada udara bebas akan teroksidasi dan terlarutkan membentuk air asam. Air asam ini akan melarutkan logam-logam yang terlewati sehingga terdispersi bersama aliran permukaan atau air tanah, membentuk anomali geokimia atau peninggian nilai kandungan unsur logam pada daerah di sekitarnya. Dispersi unsur logam terlarut akan terus meluas ke arah hilir (Gambar 7).



Gambar 3.  
Air asam pada Tambang Batubara Bukit Asam

Cebakan bijih logam primer umumnya tersusun atas bahan resisten terhadap erosi, sehingga membentuk morfologi tinggi. Oleh sebab itu akan lebih memungkinkan air asam yang terbentuk mengalir dengan mudah ke arah daerah dengan morfologi lebih rendah di sekitarnya.



Gambar 4.  
Dinding pit pada Tambang Emas Gosowong, mengandung mineral sulfide

Fenomena terdispersikannya unsur logam secara alami tersebut digunakan sebagai sarana pada saat melakukan eksplorasi, khususnya eksplorasi endapan bijih logam primer dengan metoda geokimia, yaitu merupakan indikator untuk melacak lokasi terdapatnya cebakan bijih. Eksplorasi

geokimia dilakukan dari arah hilir, dengan melakukan pengambilan contoh endapan sungai aktif untuk menentukan ada tidaknya peninggian kandungan unsur logam hasil proses dispersi secara alami tersebut.



Gambar 5. Stock pile bijih emas Tambang Mesel mengandung Sulfida antimoni, merkuri dan arsen



Gambar 6. Timbunan batubara halus, ampas pencucian batubara sulfida antimoni, merkuri dan arsen

Peninggian nilai kandungan unsur logam pada contoh endapan sungai aktif atau lebih dikenal dengan anomali geokimia, merupakan indikator yang kuat akan adanya cebakan bijih di bagian hulu sungai. Nilai kandungan unsur logam semakin dekat sumber dispersi cenderung meninggi.

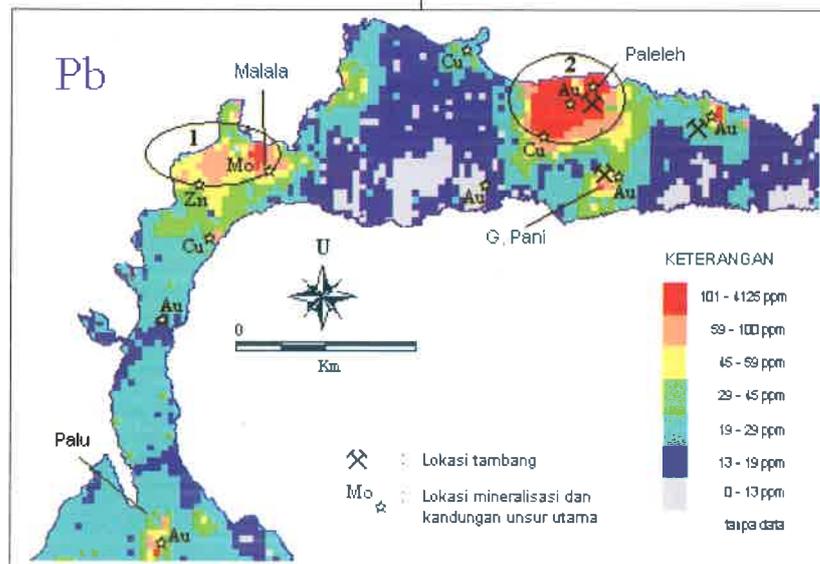
Sebagai contoh anomali kandungan unsur Pb yang merupakan indikasi adanya mineralisasi dapat dilihat pada Gambar 7. (1). Pada contoh endapan sungai aktif -80 mesh di Sungai Takudan, kandungan Cu 245 ppm, Pb 390 ppm, Zn 340 ppm dan Mo 15 ppm. Anomali kuat dengan peninggian unsur-unsur tersebut meliputi daerah seluas ± 15 km<sup>2</sup> (van Leeuwen dkk, 1994). Peninggian kandungan unsur logam tersebut akibat adanya endapan mineral logam di daerah Malala, Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah berupa endapan Mo tipe porfiri yang berasosiasi dengan mineralisasi Pb, Cu dan Zn. Zona mineralisasi dan alterasi menempati areal seluas 4 km<sup>2</sup>. Kegiatan penambangan tidak ada pada daerah tersebut.

Peninggian sebaran kandungan unsur Pb di Daerah Sekitar Malala, pada contoh endapan sungai aktif merupakan hasil proses dispersi unsur yang terjadi secara alami tanpa pengaruh aktivitas penambangan. Demikian juga peninggian kandungan Pb pada daerah selatan Kota Palu (Gambar 7).

Rona awal seperti pada Daerah Malala dan sekitarnya, secara alami telah mempunyai nilai sebaran kandungan unsur logam berat yang tinggi. Dengan adanya endapan sulfida berupa tubuh bijih logam primer mengandung Cu, Pb, Zn dan Mo, maka meskipun tanpa adanya kegiatan penambangan, dispersi unsur logam tersebut akan terus berlangsung.

**Pembentukan Air Asam dan Dispersi Unsur Logam Akibat Kegiatan Pertambangan**

Air asam tambang dan logam berat yang terlarut apabila menyebar ke daerah sekitarnya, menyebabkan penurunan kualitas lingkungan. Sebagian besar permasalahan air asam tambang berhubungan dengan penambangan batubara (Gambar 2 & 3) dan penambangan cebakan bijih logam primer (Gambar 1 & 4). Pada kedua tipe cebakan ini kandungan mineral sulfidanya tinggi, terutama pirit, baik pada tubuh cebakan/bijih maupun batuan sampingnya.



Gambar 7. Peta sebaran unsur Pb. Anomali Pb di sekitar mineralisasi Mo dan Cu-Pb-Zn (1), anomali Pb di sekitar mineralisasi emas, sulfida Cu-Pb-Zn dan tambang rakyat (2)

Peninggian kandungan unsur Pb yang merupakan salah satu logam berat beracun berbahaya pada contoh endapan sungai aktif, sebagai indikasi adanya mineralisasi dan akibat aktivitas pertambangan dapat dilihat pada Gambar 7.(2). Mineralisasi bijih logam dijumpai di daerah sekitar Paleleh yang berada pada daerah perbatasan antara Provinsi Sulawesi Tengah dan Gorontalo berupa urat mengandung emas dan logam dasar di antaranya sulfida Pb.

Penambangan oleh rakyat di daerah ini telah berlangsung dalam kurun waktu yang cukup lama. Pada arah selatan Paleleh terdapat mineralisasi tembaga porfiri, yaitu di daerah Bulagidun, akan tetapi tidak ada aktivitas penambangan. Kegiatan penambangan dijumpai juga di Daerah Gunung Pani dan sekitarnya, Kabupaten Pohuwato, Provinsi Gorontalo, dimana terdapat mineralisasi emas. Harga maksimum kandungan unsur logam pada contoh endapan sungai aktif di Sungai Iloa dan sekitarnya yang mengalir dari Gunung Pani, yaitu Cu 225 ppm, Pb 1387 ppm, Zn 105 ppm, As 450 ppm dan Hg 17,230 ppm (Suhandi, dkk 2005). Peninggian atau anomali Pb di daerah sekitar Paleleh dan Gunung Pani tersebut merupakan hasil proses dispersi unsur yang terjadi secara alami dan diperkuat oleh aktivitas penambangan.

Potensi pembentukan air asam pada daerah sekitar endapan mineral sulfida semakin besar apabila dilakukan penambangan. Penambangan dengan membongkar dan memindahkan bahan mengandung sulfida menyebabkan proses oksidasi berlangsung cepat dan meningkat sangat tinggi. Peningkatan oksidasi mineral sulfida terjadi pada lapisan penutup yang telah dipindahkan, yaitu pada *waste dump*, maupun pada dinding *pit* dimana masih dijumpai endapan sulfida (Gambar 2 & 4).

Pembentukan air asam dapat terjadi baik pada tambang terbuka maupun tambang dalam/ bawah permukaan. Kedua sistem penambangan tersebut berpotensi besar menghasilkan air asam tambang.

Penyimpanan bijih kadar rendah pada *stock pile* sambil menunggu perubahan harga untuk dapat diolah secara ekonomis, akan berpotensi menghasilkan air asam, demikian juga pada *stock pile* untuk penimbunan bijih siap olah. Meskipun bijih siap olah tersimpan pada *stock pile* tidak lama, namun mengingat umumnya berada pada tempat terbuka, dan selalu tersedia timbunan pasokan bijih secara terus menerus dalam kurun waktu umur tambang, maka akan menghasilkan air asam yang potensial mencemari lingkungan (Gambar 5).

Tabel 3.

Kandungan unsur logam pada *tailing* pengolahan bijih emas di Tasik-malaya (Widhiyatna, dkk 2005)

LOKASI	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Hg ppb
KUD Mekar Jaya	479	1.390	5.540	442.424
S. Citambal	128	460	902	201.052
Desa Pasirmukti	142	35	1.290	303.030
S. Cihapitan	221	31	50	418.182
S. Cisarua	867	1.630	11.600	594.737

Pembentukan air asam potensial juga terjadi pada *tailing* yang merupakan ampas/sisa pengolahan bahan mengandung mineral sulfida. Pencucian batubara menghasilkan ampas berupa *fine coal* mengandung mineral sulfida (Gambar 6). Pada pengolahan bijih sulfida, *tailing* yang dihasilkan potensial juga masih mengandung sulfida, terutama pada tambang rakyat yang umumnya tanpa fasilitas detoksifikasi (Tabel 3).

**Penanganan Air Asam Tambang**

Secara kimia kecepatan pembentukan asam tergantung pada pH, suhu, kadar oksigen udara dan air, kejenuhan air, aktifitas kimia Fe<sup>3+</sup>, dan luas permukaan dari mineral sulfida yang terpapar pada udara. Sementara kondisi fisika yang mempengaruhi kecepatan pembentukan asam, yaitu cuaca, permeabilitas dari batuan, pori-pori batuan, tekanan air pori, dan kondisi hidrologi. Penanganan air asam tambang dapat dilakukan dengan mencegah pembentukannya dan menetralsir air asam yang tidak terhindarkan terbentuk.

Pencegahan pembentukan air asam tambang dengan melokalisir sebaran mineral sulfida sebagai bahan potensial pembentuk air asam dan menghindarkan agar tidak terpapar pada udara bebas. Sebaran sulfida ditutup dengan bahan *impermeable* antara lain lempung, serta dihindari terjadinya proses pelarutan, baik oleh air permukaan maupun air tanah.

Produksi air asam sulit untuk dihentikan sama sekali, akan tetapi dapat ditangani untuk mencegah dampak negatif terhadap lingkungan. Air asam diolah pada instalasi pengolahan untuk menghasilkan keluaran air yang aman untuk dibuang ke dalam badan air. Penanganan dapat dilakukan juga dengan bahan penetral, umumnya menggunakan batugamping, yaitu air asam dialirkan melewati bahan penetral untuk menurunkan tingkat keasaman.

**KESIMPULAN DAN DISKUSI**

Mineral sulfida dalam bentuk tubuh bijih merupakan bahan ekonomis yang dapat ditambang menghasilkan beberapa macam komoditas ekonomis. Pemanfaatan sulfida mempunyai risiko dapat menyebabkan pencemaran lingkungan akibat terbentuknya air asam tambang dan penyebaran logam berat.

Air asam dan dispersi unsur logam beracun berbahaya yang menyebar ke dalam lingkungan sekitarnya dapat terjadi secara alami maupun sebagai akibat kegiatan pertambangan. Dispersi logam yang terjadi secara alami akan membentuk rona awal kandungan logam di daerah sekitar tubuh bijih yang tinggi, yaitu di atas harga rata-rata pada kerak bumi. Kegiatan penambangan akan cenderung memicu proses pembentukan air asam tambang berlangsung menjadi lebih intensif.

Pembentukan air asam tambang tidak selalu berkembang pada setiap penambangan bijih sulfida. Pada tipe tertentu dari cebakan bijih dijumpai bahan penetral yang mencegah pembentukan air asam tambang.

Pada wilayah penambangan bijih sulfida, dimana pada rona awal telah mempunyai kandungan unsur logam tertentu tinggi, maka aspek lingkungan terkait dengan kandungan unsur logam beracun

berbahaya untuk daerah ini tidak dapat diperlakukan sama dengan daerah lain yang mempunyai rona awal rendah.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kami sampaikan kepada Dr. Bambang Tjahyono S dan Sutrisno, M.Sc atas saran dan koreksinya.

#### ACUAN

- Barton, P.B., 1986. *Mineral Deposit Models, Mineralogical Index*, USGS Bulletin 1693, Washington
- Gunradi, R., Suprpto, S.J., Ishlah, T., dan Hutamadi, R., 2004. *Pemantauan dan Evaluasi Konservasi Sumber Daya Mineral di Daerah Muaraenim, Sumatera Selatan*, Subdit Konservasi, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung
- Lapakko, K 2002. *Metal Mine Rock and Waste Characterization Tools*, Minesota Departemen of Natural Resources, US
- Suhandi, Suprpto, S.J., dan Putra, C., 2005. *Pendataan Sebaran Unsur Merkuri pada Wilayah Pertambangan G. Pani dan Sekitarnya, Kabupaten Pohuwato, Provinsi Gorontalo*, Subdit Konservasi, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung
- Suprpto, S.J., dan Rizal, R., 2002. *Atlas Geokimia Daerah Sulawesi Bagian Utara*, Subdit Geokimia, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung
- Tain, Z., Suhandi, Rosjid dan Rohmana, 2001. *Pemantauan dan Pendataan Bahan Galian Tertinggal di Tambang Batubara di daerah Samarinda, Kaltim*, Subdit Konservasi, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung
- van Leeuwen, T.M., Taylor, R., Coote, A dan Longstaffe, F.J., 1994. *Porphyry molybdenum Mineralization in a Continent Collision Setting at Malala, Northwest Sulawesi, Indonesia*, Elsevier, Amsterdam
- Widhiyatna, D., dan Sukandar, M., 2004. *Pendataan Penyebaran Merkuri Akibat Usaha Pertambangan Emas di Daerah Cineam, Tasikmalaya, Jabar*, Subdit Konservasi, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung

## PERTAMBANGAN TANPA IZIN (PETI) DAN KEMUNGKINAN ALIH STATUS MENJADI PERTAMBANGAN SKALA KECIL

Oleh :

Danny Z. Herman  
Penyelidik Bumi Madya

*Kelompok Kerja Konservasi – Pusat Sumber Daya Geologi*

### S A R I

Kegiatan usaha pertambangan tanpa izin (PETI) secara substansial menunjang pembangunan ekonomi dan sosial masyarakat di wilayah-wilayah tersebut, kebanyakan operasi penambangan menimbulkan kerusakan lingkungan atau tata ruang penggunaan lahan serta mengabaikan perlindungan terhadap kesehatan dan keselamatan kerja.

Hingga saat ini pertumbuhan PETI semakin berkembang tidak saja terhadap bahan galian emas tetapi juga batubara, bahkan dilakukan di sekitar/sekeliling wilayah-wilayah pertambangan resmi berskala besar sehingga mengakibatkan terjadinya konflik dengan para pemegang izin usaha pertambangan tersebut. Perkembangan PETI sudah mencapai tahap yang cukup mengawatirkan karena juga menimbulkan tumbuhnya perdagangan produk pertambangan di pasar-pasar gelap (black market trading), yang dapat dikategorikan sebagai bentuk pelanggaran terhadap penghindaran pajak resmi penjualan produk pertambangan.

Mengantisipasi kemungkinan peningkatan dampak negatif di masa mendatang dari keberadaan PETI, seyogyanya Pemerintah melalui Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral melakukan upaya penerapan kebijakan yang tepat untuk mengubah status pertambangan tersebut menjadi pertambangan resmi berskala kecil. Diperlukan pembuatan kebijakan yang baru atau memodifikasi produk hukum lama, melalui upaya analisis atau sintesis terhadap peraturan tentang pertambangan skala kecil. Pertambangan skala kecil hendaknya berorientasi kepada keekonomian masyarakat setempat, penjagaan keseimbangan lingkungan dan tata ruang wilayah pertambangan, serta yang terpenting memberikan kontribusi kepada kepentingan pembangunan sosial ekonomi khususnya daerah otonom dan pada gilirannya berpengaruh secara nasional.

### A B S T R A C T

*The activity of illegal mines contribute substantially to people's economic and social development of mining areas, eventhough most mining operations create either damage of environment or legal land-use system and moreover neglecting health protection and safety work.*

*Currently, the illegal mines grow up not only for gold but including for coal, and in fact they work at the surrounding of some legal large scale mining concessions though making conflict with the concession holders. The growth of illegal mines has reached to a stage of anxiety and further enable to create black market trading of mining production.*

*Anticipation effort should be done to face a possibility increasing of negative impact of the illegal mine in the future, it's better for the government through Department of Energy and Mineral Resources to apply a precise policy in connection with changing of illegal status to legal small scale mine. Either new policy or modification of old regulation should be made through analysis or syntesis works concerning with regulation of small scale mine. The small scale mine must have orientation to a need of local people's economic, preventing balance of environment and mining areas. Most important too that it gives contribution to particularly social-economic development for autonomic regions and will further influence nationally*

### PENDAHULUAN

Dokumen kuno berbahasa Sansakerta yang disadur oleh Pemerintah Kolonial Belanda melaporkan bahwa pertambangan emas berskala kecil telah berkembang di wilayah-wilayah mineralisasi bahan galian tersebut di Sumatera sejak abad ke 17. Bukti-bukti kegiatan ditemukan berupa peninggalan bekas-bekas tambang emas aluvial, lubang-lubang tambang (*tunnels*), penggalian, *shafts* dan *sluices*. Sementara di Kalimantan Barat pertambangan emas telah dilakukan sejak zaman Hindu, wilayah pertambangan dikenal sebagai Distrik China dan telah mengalami peningkatan pada periode abad ke 14 – 18.

Sejak abad ke 7 pertambangan skala kecil juga telah dilakukan untuk bahan galian intan pada endapan-endapan aluvial di Kalimantan. Pada mulanya usaha ini merupakan kegiatan kelompok-kelompok keluarga masyarakat setempat, tetapi karena peningkatan

perolehan bahan galian tersebut kemudian oleh Pemerintah Belanda diupayakan ditingkatkan untuk pertambangan skala besar. Walaupun dilaporkan secara tidak lengkap, tercatat bahwa peningkatan kegiatan pertambangan berlangsung mulai abad ke 18.

Dalam perjalanannya dari masa 350 tahun pendudukan Pemerintah Kolonial Belanda hingga setelah kemerdekaan Indonesia, usaha pertambangan berskala besar dilakukan secara terbatas terutama untuk bahan galian emas, batubara dan timah; sementara pertambangan berskala kecil mengalami perkembangan signifikan sejalan dengan peningkatan kebutuhan ekonomi masyarakat. Usaha pertambangan skala kecil (terutama untuk bahan galian emas) menjadi tidak terkendali hingga tahun 1996, dikenal sebagai pertambangan emas tanpa izin atau PETI yang cenderung terutama menimbulkan kerusakan lingkungan.

**TERMINOLOGI**

- Pertambangan tanpa izin (PETI) dapat diartikan sebagai usaha pertambangan atas segala jenis bahan galian dengan pelaksanaan kegiatannya tanpa dilandasi aturan/ketentuan hukum pertambangan resmi Pemerintah Pusat atau Daerah.
- Pertambangan Skala Kecil menurut Keputusan Bersama Menteri Pertambangan dan Energi, Menteri Dalam Negeri dan Menteri Koperasi, Pengusaha Kecil dan Menengah Nomor : 2002.K/20/MPE/1998 – Nomor : 151A Tahun 1998 – Nomor : 23/SKB/M/XII/1998; yang selanjutnya disebut PSK adalah usaha pertambangan umum atas galian golongan A, B dan C yang dilakukan oleh Koperasi atau Pengusaha Kecil setempat.
- Mengacu kepada kategori pertambangan skala kecil menurut Clive Aspinall, M.Sc, P.Eng. (2001) dari Mining Minerals and Sustainable Development (MMSD), International Institute for Environment and Development (IIED); khususnya untuk bahan galian emas di Indonesia adalah seperti tabel 1

**KASUS PERTAMBANGAN TANPA IZIN (PETI) DI INDONESIA**

Pada mulanya pertambangan tanpa izin (PETI) di hampir sebagian besar wilayah Negara Indonesia dilakukan oleh perorangan atau kelompok orang, sebagai usaha tambahan/ sampingan di daerah-daerah yang diyakini berpotensi mengandung bahan galian intan, emas dan timah. Kebutuhan ekonomi yang makin meningkat dan hasil usaha tambang yang diperkirakan dapat memberikan harapan kehidupan lebih baik, membuat pelaku-pelaku penambangan mengalihkan usaha sekunder ini menjadi usaha utama. Terdapat beberapa faktor yang kemungkinan besar mempengaruhi ber-kembangnya pertumbuhan PETI, diantaranya :

- Usaha tersebut telah berjalan cukup lama secara turun temurun, sehingga menimbulkan anggapan bahwa lahan pertambangan merupakan warisan

yang tidak memerlukan izin usaha.

- Modal usaha relatif kecil dan pelaksanaan penambangan dilakukan secara sederhana/tradisional tanpa menggunakan peralatan berteknologi tinggi.
- Keterbatasan keahlian pelaku usaha dan sempitnya lapangan kerja, menyebabkan usaha pertambangan ini menjadi pilihan utama.
- Kemudahan pemasaran produk bahan galian.
- Lemahnya pemahaman pelaku usaha PETI terhadap hukum/peraturan pertambangan.
- Pelaku usaha beranggapan bahwa prosedur pengurusan izin usaha pertambangan melalui jalur birokrasi yang rumit dan memerlukan waktu panjang, sehingga cenderung menimbulkan biaya tinggi.

**UPAYA PENGENDALIAN PETI YANG TELAH DILAKUKAN PEMERINTAH**

Dalam rangka mengantisipasi perkembangan yang tidak terkendali dari pertambangan tanpa izin (PETI), pemerintah membuat Undang-Undang Nomor 11/tahun 1967 yang berkaitan dengan upaya penghentian semua usaha pertambangan tersebut, dengan pengecualian dapat melanjutkan usahanya apabila berstatus Pertambangan Rakyat untuk bahan galian intan dan Tambang Tradisional untuk bahan galian emas.

Perkembangan PETI mencapai tingkat yang mengawatirkan ketika terjadi krisis ekonomi global pada tahun 1997, ditunjukkan oleh beragamnya bahan galian yang diusahakan terutama dari jenis-jenis yang relatif mudah dipasarkan dan karena alasan utama untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari.

Pada tahun 1998 terjadi pergantian pemerintahan yang membawa Indonesia ke nuansa demokratisasi. Hal ini berpengaruh kepada upaya

Tabel 1

Kategori pertambangan skala kecil menurut Clive Aspinall, M.Sc, P.Eng. (2001) dari Mining Minerals and Sustainable Development (MMSD), International Institute for Environment and Development (IIED)

Status	Jenis	Jumlah pekerja (orang)	Modal
Memiliki izin usaha dari Pemerintah Pusat/Daerah	1. Koperasi Unit Desa (KUD)	20.000	Relatif kecil
	2. Pertambangan Rakyat	1.000	
Tanpa izin usaha	Pertambangan tanpa izin (PETI) yang dilakukan oleh :		
	1. Penambang tradisional setempat.	5.000	Tanpa modal
	2. Penambang tradisional dari luar daerah.	15.000	Relatif besar
	3. Penambang tradisional setempat dan luar daerah, dengan penyanggah dana dari luar daerah.	60.000	Besar

penanggulangan PETI melalui penentuan kebijakan yang berkaitan dengan pertambangan skala kecil yang berorientasi kepada ekonomi kerakyatan. Kemudian Pemerintah berupaya untuk merealisasikannya dengan membuat peraturan tentang pertambangan resmi berskala kecil melalui penetapan Keputusan Bersama Menteri Pertambangan dan Energi, Menteri Dalam Negeri dan Menteri Pengusaha Kecil dan Menengah; Nomor 2002.K/20/MPE/1998 – Nomor 151A Tahun 1998 – Nomor 23/SKB/M/XII/1998.

Sejak tahun 1999 hingga saat ini Negara Republik Indonesia sedang menjalankan sistem desentralisasi melalui pembagian pemerintahan yang terdiri atas pemerintah pusat dan daerah/otonom. Upaya untuk mendapatkan solusi yang tepat dalam penanggulangan masalah PETI terus dilanjutkan melalui studi segala hal yang berkaitan dengan pertambangan skala kecil, bekerjasama dengan pemerintahan otonom dari tingkat provinsi dan kabupaten di seluruh wilayah Negara Republik Indonesia.

Pada tahun 2000 Pemerintah Pusat melalui Instruksi Presiden Nomor 3 Tahun 2000 dan Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi Nomor 1091K/70/MPE/2000 membentuk Koordinasi Penanggulangan Masalah Pertambangan Tanpa Izin. Pelaksanaan kegiatan ditekankan kepada penanggulangan secara fungsional oleh seluruh instansi yang ditentukan dalam Inpres diatas, dengan Tim Terpadu berfungsi sebagai forum koordinasi dalam upaya penyelesaian terhadap permasalahan yang bersifat lintas sektoral; dimana tindak lanjutnya tetap dilakukan secara fungsional dan sesuai kewenangannya oleh institusi-institusi terkait sesuai kewenangannya.

Informasi diatas menunjukkan sejauh mana Pemerintah Pusat telah berupaya menetapkan aturan-aturan hukum tentang usaha pertambangan untuk menanggulangi PETI, namun kegiatan tersebut masih berlangsung hingga saat ini.

**DISKUSI**

Usaha pertambangan terhadap jenis bahan galian apapun bertujuan terutama untuk memperoleh nilai ekonomi dari bahan galian yang diusahakan. Berkaitan dengan pertambangan tanpa izin (PETI), teridentifikasi bahwa parameter utama dari konsep usaha pertambangannya adalah :

- Bahan galian yang dijadikan sasaran penambangan merupakan komoditi pilihan yang tidak memerlukan teknologi penambangan yang rumit dan juga mudah dipasarkan.
- Besarnya kuantitas sumber daya atau cadangan bahan galian yang ditemukan mungkin bukan menjadi faktor penentu sepanjang bahan galian tersebut memberikan harapan kelangsungan kebutuhan ekonomi khususnya para pelaku usaha pertambangan dan umumnya masyarakat di sekitar wilayah pertambangan.

Keberadaan PETI dapat menciptakan dampak positif seperti : menciptakan lapangan kerja yang mendukung usaha pertambangan dan peningkatan ekonomi khususnya di sekitar wilayah pertambangan; meskipun berkonotasi tidak resmi/ilegal dan tidak menjamin kesinambungan keberadaannya. Sementara perkembangan PETI

yang tidak terkendali akan menimbulkan dampak negatif, diantaranya :

- Kerusakan lingkungan sebagai akibat lemahnya penguasaan teknik penambangan dan pengolahan bahan galian, keterbatasan penguasaan metoda penanganan limbah tambang, lemahnya pemahaman tentang reklamasi dan perlindungan terhadap lingkungan wilayah pertambangan.
- Praktek bank gelap berbunga tinggi oleh pemilik modal ilegal, pada kasus dimana pelaku usaha PETI tidak memiliki modal dan atau kehabisan modal usaha.
- Praktek monopoli perdagangan gelap, sebagai akibat penerapan sistem penanaman modal perorangan yang berorientasi kepada cara agunan/jaminan produk pertambangan sebagai alat pembayaran pinjaman modal usaha.
- Pelanggaran terhadap sistem perpajakan resmi sebagai akibat penghindaran pajak penjualan produk pertambangan.
- Pengabaian terhadap perlindungan kesehatan, sebagai akibat lemahnya pengetahuan tentang penggunaan zat atau bahan kimia tertentu yang mengandung racun/pencemar untuk pengolahan bahan galian tertentu (terutama logam) danantisipasi kemungkinan pengaruhnya bagi kesehatan.
- Kemungkinan gangguan keamanan, sebagai konsekwensi logis dari perkembangan ekonomi dan sosial di wilayah PETI.

Dengan dasar semua informasi diatas maka status usaha pertambangan tradisional (tanpa izin) seharusnya ditingkatkan menjadi usaha pertambangan skala kecil berizin resmi melalui langkah-langkah pendekatan :

- *Rasionalisasi*, yaitu upaya untuk mengantisipasi dampak negatif dari pertambangan dengan munculnya pasar perdagangan gelap dan kerusakan lingkungan; sementara dari segi positif adalah penciptaan lapangan kerja dan peningkatan pendapatan masyarakat dari hasil penjualan produk pertambangan.
- *Pengaturan pengembangan pertambangan skala kecil*, melalui pengujian penerapan peraturan pertambangan di daerah otonom dalam mendukung tujuan nasional. Secara keseluruhan peraturan mengakomodir penambangan bahan galian untuk tujuan komersil dan perorangan, dengan tujuan mengantisipasi kemungkinan pemanfaatan bahan galian tersebut oleh pemilik lahan.
- *Peraturan tentang lingkungan*. Pengajuan usaha pertambangan skala kecil harus menyertakan rencana perlindungan terhadap lingkungan dan disahkan sebelum surat izin usaha dikeluarkan; apabila perlu mencantumkan ketentuan tentang penyesuaian dana untuk penanggulangan kerusakan lingkungan dan pegenaan pajak untuk rehabilitasi daerah-daerah bekas penambangan.
- *Keselamatan kerja dan kesehatan*, melalui upaya penerapan peraturan umum tentang

keselamatan kerja dan penjagaan kesehatan selama melakukan usaha pertambangan.

- *Pemasaran*, melalui upaya pengawasan pemerintah daerah terhadap penjualan atau izin perdagangan produk pertambangan sebagai bagian dari usaha pertambangan.
- *Penerapan sanksi* terhadap pemegang izin usaha atau pelaku usaha yang tidak mematuhi peraturan, berkisar dari pembatalan izin usaha hingga hukuman denda/penjara.
- *Penerapan sistim pemberian izin*. Berdasarkan strata atau kedalaman penambangan, pengaturan izin usaha kelompok atau asosiasi atau kemitraan, jenis atau nama bahan galian, pemberian izin terpisah dan tunggal, sistim nasional atau otonomi.
- *Ketentuan lain* yang terdiri atas lama berlaku izin usaha, luas wilayah pertambangan dan pemindahan kepemilikan.

### KESIMPULAN

Upaya pengalihan status PETI menjadi pertambangan skala kecil berizin resmi seyogyanya

dilakukan secara bertahap; dimulai dengan pemberian izin dari pemerintah pusat/daerah yang melibatkan prosedur birokrasi sederhana dan biaya terjangkau, penataan kembali kemitraan usaha yang juga perlu melibatkan unsur pemerintah pusat/daerah sebagai penyandang dana dan penyedia peralatan penambangan, pembinaan keterampilan pelaku penambangan hingga pengawasan pemasaran produk pertambangan.

Usaha pertambangan skala kecil harus berorientasi kepada keekonomian masyarakat setempat, penjagaan keseimbangan lingkungan dan tata ruang wilayah pertambangan, serta yang terpenting memberikan kontribusi kepada kepentingan pembangunan sosial ekonomi khususnya daerah otonom dan pada gilirannya berpengaruh secara nasional.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penghargaan setinggi-tingginya kepada semua pihak di lingkungan Pusat Sumber Daya geologi yang telah menyumbangkan informasi terkait dengan topic karya tulis, memberikan saran dan meluangkan waktu untuk diskusi.

### ACUAN

- Aspinall, C.; 2001; *Small-Scale Mining in Indonesia*, Mining Minerals Sustainable Development, No. 79 edition of September 2002, 30 pages.
- Bugnoson, E.; Scott, A. and Twigg, J.; 1988; *Legislative and regulatory frameworks for small-scale mining*, in Asian Journal Mining – Special Report : 5<sup>th</sup> Asian Mining Education and Training Survey, edition of September 1998, p.16 – 19.
- Kompas, 2004; Artikel : *Pemberdayaan Pertambangan Skala Kecil Belum Optimal*, Edisi penerbitan : 09 Desember 2004.
- Menteri Pertambangan dan Energi, Menteri Dalam Negeri dan Menteri Koperasi, Pengusaha Kecil dan Menengah; 1998; Surat keputusan Bersama Nomor : 2002.K/20/MPE/1998 – Nomor : 151A Tahun 1998 – Nomor : 23/SKB/M/XII/1998 tentang Pembinaan dan Pengembangan Koperasi dan Pengusaha Kecil Melalui Usaha Pertambangan Skala Kecil.
- Yunianto, B.; Saefudin, R. dan Suherman, I.; 2004; *Kebijakan Sektor energi dan Sumber Daya Mineral dan Implikasi Terhadap Pertambangan Emas*, dalam Buku : Penambangan dan Pengolahan Emas di Indonesia, Puslitbang teknologi Mineral dan Batubara, hal.19 – 36.

## POTENSI DAN PEMANFAATAN ZEOLIT DI PROVINSI JAWA BARAT DAN BANTEN

Oleh :

Herry Rodiana Eddy  
Kelompok Kerja Mineral

### SARI

Pemanfaatan zeolit untuk digunakan dalam berbagai industri dan pertanian akhir-akhir ini berkembang cukup pesat. Banyak pengusaha, baik swasta nasional, KUD maupun perorangan membuka usaha penambangan di berbagai daerah. Ada yang masih tetap berjalan hingga saat ini, namun ada juga yang sementara berhenti.

Memperhatikan pentingnya pemanfaatan zeolit dalam berbagai industri dan pertanian serta upaya mengangkat perekonomian masyarakat dimasa krisis ekonomi yang belum juga pulih ini, diperlukan adanya dorongan untuk mendayagunakan potensi zeolit secara lebih optimal.

Dalam pemanfaatan zeolit telah mengalami pengembangan sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk beberapa keperluan dalam industri dan pertanian, juga bagi lingkungan, terutama untuk menghilangkan bau, karena zeolit dapat menyerap molekul-molekul gas seperti CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S dan lainnya. Zeolit merupakan bahan galian non logam atau mineral industri multi guna karena memiliki sifat-sifat fisika dan kimia yang unik yaitu sebagai penyerap, penukar ion, penyaring molekul dan sebagai katalisator.

Di provinsi Jawa Barat dan Banten, sebaran zeolit terdapat di beberapa Kabupaten, antara lain : Kabupaten Lebak, Sukabumi, Bogor dan Tasikmalaya.

### ABSTRACT

*Utilization of zeolite for industries and agricultures increases significantly. Private and Cooperative sectors or individuals were involved in zeolite mining business even some were quited.*

*Zeolite is very important to support industrial and agricultural sectors as to enhance economic growth. Zeolite can also be used for environmental sector particularly in eliminating odors, since it absorbs CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S and its related gas. Zeolite is non metallic mineral having multifunction as absorber, strainer and catalisator.*

*Zeolite occurred in Lebak Regency of Banten province, and in Sukabumi, Bogor and Tasikmalaya Regencies of West Java province.*

### PENDAHULUAN

Zeolit adalah kelompok mineral yang dalam pengertian/penamaan bahan galian merupakan salah satu jenis bahan galian non logam atau bahan galian mineral industri dari 50 jenis yang ada.

Sampai saat ini lebih dari 50 mineral pembentuk zeolit alam sudah diketahui, tetapi hanya sembilan diantaranya yang sering ditemukan, yaitu klinoptilolit, mordenit, analisim, khabasit, erionit, ferierit, heulandit, laumonit dan filipsit. Dari hasil penyelidikan yang pernah dilakukan, jenis mineral zeolit yang terdapat di Indonesia adalah modernit dan klinoptilolit.

Zeolit alam ini terbentuk dari reaksi antara batuan tufa asam berbutir halus dan bersifat riolitik dengan air pori atau air meteorik (air hujan). Mineral ini merupakan kelompok alumino silikat terhidrasi dengan unsur utama terdiri dari kation, alkali dan alkali tanah, mempunyai pori-pori yang dapat diisi oleh air molekul. Kandungan air yang terperangkap dalam rongga zeolit biasanya berkisar 10-50 %. Bila terhidrasi kation-kation yang berada dalam rongga tersebut akan terselubungi molekul air, molekul air ini sifatnya labil atau mudah terlepas. Sifat umum zeolit antara lain mempunyai susunan kristal yang agak lunak, berat jenis 2-2,4, berwarna kebiruan-kehijauan, putih dan coklat.

Secara geologi, mula jadi zeolit ditemukan dalam batuan tuf yang terbentuk dari hasil sedimentasi, debu vulkanik yang telah mengalami proses alterasi. Ada empat proses sebagai gambaran mula jadi zeolit, yaitu proses sedimentasi debu vulkanik pada lingkungan

danau yang bersifat alkali, proses alterasi, proses diagenesis dan proses hidrotermal.

Telah disebutkan bahwa molekul air terdapat pada zeolit sifatnya labil sehingga dengan cara pemanasan diatas 100°C, air pori tersebut dapat diusir sehingga terbentuk pori-pori zeolit yang dapat memungkinkan zeolit dapat menyerap molekul-molekul yang mempunyai garis tengah lebih kecil dari pori-pori zeolit tersebut.

Selain zeolit alam maka ada juga jenis zeolit buatan yang masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan dibandingkan satu sama lain. Zeolit buatan terdiri dari gel alumino silikat dengan meniru proses hidrotermal pada salah satu proses mula jadi zeolit alam. Jenis gel tersebut dibuat dari larutan natrium aluminat, natrium silikat dan natrium hidroksida. Terdapat tiga jenis bahan kimia di pasaran yang kegunaannya sama dengan zeolit alam, yaitu karbon aktif, silika gel dan zeolit buatan.

Berdasarkan penelitian, kemampuan karbon aktif dan silika gel sebagai bahan penyerap ternyata tidak melebihi zeolit alam. Zeolit buatan memang bisa lebih murni dan mempunyai kemampuan lebih luas dibandingkan dengan zeolit alam, terutama sebagai bahan katalis. Dalam pemanfaatan zeolit telah mengalami pengembangan sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk beberapa keperluan dalam industri dan pertanian, juga bagi lingkungan, terutama untuk menghilangkan bau, karena zeolit dapat menyerap molekul-molekul gas seperti CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S dan lainnya. Zeolit merupakan bahan galian non logam atau mineral industri multi guna karena

memiliki sifat-sifat fisika dan kimia yang unik yaitu sebagai penyerap, penukar ion, penyaring molekul dan sebagai katalisator.

Daerah-daerah yang telah diketahui banyak mempunyai sumberdaya endapan zeolit adalah Jawa Barat, Jawa Timur, dan Lampung. Berbagai mineral zeolit tersebut telah dikenal dengan sifat adsorben dan kemampuan pertukaran ion yang dimilikinya.

Di provinsi Jawa Barat dan Banten, sebaran zeolit terdapat di beberapa Kabupaten, antara lain : Kabupaten Lebak, Sukabumi, Bogor dan Tasikmalaya (Gambar 1)

Tulisan ini dimaksudkan untuk memberi informasi awal mengenai potensi zeolit di daerah tersebut di atas, karena selama ini eksplorasi yang dilakukan oleh kami, dalam hal ini SubDit Mineral Non Logam (sekarang Sub Pokja Mineral Non Logam) masih bersifat Survey Tinjau (*Reconnaissance*), dimana hasil penyelidikan masih berupa potensi bahan galian mineral non logam suatu daerah, contoh yang dianalisa masih terbatas dengan anggaran, diharapkan dengan perubahan organisasi dari Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral (DIM) menjadi Pusat Sumber Daya Geologi (PMG), Sub Pokja Mineral Non Logam dapat mengembangkan potensi mineral non logam di Indonesia, khususnya endapan zeolit, karena zeolit merupakan bahan galian non logam atau mineral industri multi guna, memiliki sifat-sifat fisika dan kimia yang unik yaitu sebagai penyerap, penukar ion, penyaring molekul dan sebagai katalisator.

#### KETERDAPATAN ZEOLIT

##### - Daerah Bayah, Kabupaten Lebak, Banten

Endapan zeolit di daerah ini dijumpai di Desa Pasirgombong terdapat pada Satuan Tuf Citorek (Sariman, dkk., 1996) yang telah mengalami ubahan dan metamorfosa lemah, seiring dengan adanya proses pengkubahan. Zeolit mempunyai kenampakan secara megaskopik berwarna putih kecoklatan, putih kehijauan, hijau gelap, abu-abu muda dan abu-abu gelap apabila segar dan putih kehijauan sampai kecoklatan apabila telah mengalami pelapukkan. Zeolit ini mempunyai komposisi mineral berdasarkan hasil analisa kuantitatif dari difraksi sinar-X (XRD) diperoleh jenis mineral mordenit (32,70 %), klinoptilotit (30,89 %), mineral-mineral lainnya terdiri dari mika, plagioklas dan kuarsa, sedangkan hasil analisa kimia rata-rata dari conto-conto zeolit Bayah adalah sebagai berikut :  $\text{SiO}_2 = 64,55 \%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 12,83 \%$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,38 \%$ ,  $\text{CaO} = 1,64 \%$ ,  $\text{MgO} = 0,71 \%$ ,  $\text{K}_2\text{O} = 2,81 \%$ ,  $\text{Na}_2\text{O} = 0,33 \%$ ,  $\text{TiO}_2 = 0,22 \%$ , dan Hilang dibakar = 15,18 % (Arifin M. dan Harsodo, 1991), mempunyai nilai KTK 52,00 – 67,00 meq/100g (sebelum aktivasi) dan 65,00 – 84,00 meq/100g (setelah aktivasi) (Sariman, dkk., PPTM, 1996).

##### - Kabupaten Tasikmalaya, Jawa Barat

Zeolit di daerah Tasikmalaya terdapat di Kecamatan Karangnunggal, Cipatujah dan Cikalong yang termasuk dalam Formasi Jampang yang berumur Oligosen – Miosen Awal dan Anggota Genteng Formasi Jampang yang berumur Oligosen – Miosen Awal (Nur Amin Latif, 2004). Menurut Nur Amin Latif (2004) endapan zeolit di Karangnunggal berasosiasi dengan batuan tufa, terdapat di beberapa dusun dan desa. terletak di dua desa, yaitu di Dusun Cipatani dan sekitarnya, Desa Karangmekar dan Dusun Cijambe dan sekitarnya, Desa Cibatureng. Endapan zeolit pada

umumnya berwarna putih kehijauan sampai keabuan baik secara merata maupun membentuk semacam alur-alur kehijauan menyerupai pelapisan semu, berbintik-bintik putih dan kuning berbutir halus sampai agak kasar, padu, kompak, agak keras namun sebagian mudah hancur bila dipalu. Mempunyai sumberdaya terunjuk 2.709.289 m<sup>3</sup> atau 6.068.806 ton, dibulatkan lebih kurang 6.000.000 ton.

Endapan zeolit di daerah Kecamatan Cipatujah pada umumnya juga terdapat pada satuan tuf, termasuk ke dalam wilayah Lebaksaat, Desa Sindangkerta, Kecamatan Cipatujah. Zeolit dalam keadaan segar pada umumnya berwarna putih kehijauan, hijau gelap, putih sampai putih keabuan sampai agak kecoklatan apabila telah mengalami pelapukan, berbutir halus sampai sedang. Zeolit pada tempat-tempat tertentu telah diusahakan atau digali/ditambang oleh penduduk. Dibagian Tenggara daerah penyelidikan terdapat sebuah pabrik pengolahan zeolit menjadi bubuk berbagai ukuran yang sementara tidak beroperasi lagi. Endapan zeolit daerah Cipatujah mempunyai sumber daya terunjuk zeolit Cipatujah adalah 1.890.105 m<sup>3</sup> atau 4.158.239 ton, dibulatkan 4.158.000 ton.

Endapan Zeolit di Daerah Kecamatan Cikalong termasuk ke dalam wilayah desa Cikanra tersebar di beberapa lokasi, termasuk di sekitar daerah pemukiman penduduk, mempunyai sumber daya terunjuk = 1.257.345 m<sup>3</sup> atau 2.766.160 ton.

Komposisi kimia zeolit Karangnunggal :  $\text{SiO}_2 = 61,40 - 70,60 \%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 11,49 - 13,84 \%$ ,  $\text{MgO} = 0,40 - 2,77 \%$ ,  $\text{Na}_2\text{O} = 0,90 - 2,53 \%$ ,  $\text{K}_2\text{O} = 0,90 - 4,01 \%$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5 = 0,00 - 0,14 \%$ ,  $\text{TiO}_2 = 0,06 - 0,85 \%$ ,  $\text{CaO} = 1,88 - 4,16 \%$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,15 - 5,30 \%$ ,  $\text{H}_2\text{O} = 1,98 - 4,46 \%$ ,  $\text{HD} = 6,21 - 11,67 \%$ . Komposisi kimia zeolit Cipatujah,  $\text{SiO}_2 = 64,42 - 70,98 \%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 10,19 - 14,17 \%$ ,  $\text{MgO} = 0,41 - 2,04 \%$ ,  $\text{Na}_2\text{O} = 0,90 - 3,13 \%$ ,  $\text{K}_2\text{O} = 0,75 - 2,94 \%$ ,  $\text{CaO} = 0,96 - 3,21 \%$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,85 - 3,64 \%$ ,  $\text{H}_2\text{O} = 3,08 - 6,60 \%$ ,  $\text{HD} = 9,19 - 13,86 \%$ . Komposisi kimia zeolit Cikalong,  $\text{SiO}_2 = 67,18 - 69,77 \%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 10,93 - 11,69 \%$ ,  $\text{MgO} = 0,40 - 1,02 \%$ ,  $\text{Na}_2\text{O} = 1,36 - 2,68 \%$ ,  $\text{K}_2\text{O} = 1,05 - 1,86 \%$ ,  $\text{CaO} = 2,10 - 3,21 \%$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,96 - 1,46 \%$ ,  $\text{H}_2\text{O} = 4,17 - 5,77 \%$  dan  $\text{HD} = 10,02 - 13,86 \%$ .

Berdasarkan analisa petrografi umumnya zeolit ketiga daerah tersebut terdiri dari mineral-mineral : Plagioklas, Kuarsa, Mika/glass, Oksida besi dan Zeolit. Adapun harga KTK dapat dilihat pada tabel 1.

##### - Daerah Cikembar, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat

Zeolit di daerah ini berupa tufa hijau berbatuapung, tufa hijaupasiran dan tufa hijau masif, yang keseluruhannya termasuk dalam satuan batuan tufa hijau, Anggota tufa dan Breksi dari Formasi Jampang yang berumur Miosen (*Sukmawan, 1990*). Jenis mineral zeolit adalah klinoptilolit dan mordenit dengan mineral lainnya yaitu plagioklas, kuarsa, kaolinit, monmorilonit dan kristobalit. Mempunyai sumber daya hipotetik sebesar 24.151.000 ton.

Hasil analisa kimia dari conto zeolit di daerah Cikembar, Sukabumi adalah  $\text{SiO}_2 = 68,0 - 69,8 \%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 11,85 - 13,16 \%$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,52 - 2,39 \%$ ,  $\text{CaO} = 1,54 - 2,23 \%$ ,  $\text{MgO} = 0,27 - 0,52 \%$ ,  $\text{Na}_2\text{O} = 0,47 - 1,80 \%$ ,  $\text{K}_2\text{O} = 2,59 - 5,0 \%$ ,  $\text{TiO}_2 = 0,03 - 0,19 \%$  dan  $\text{LOI} = 7,76 - 8,66 \%$ .



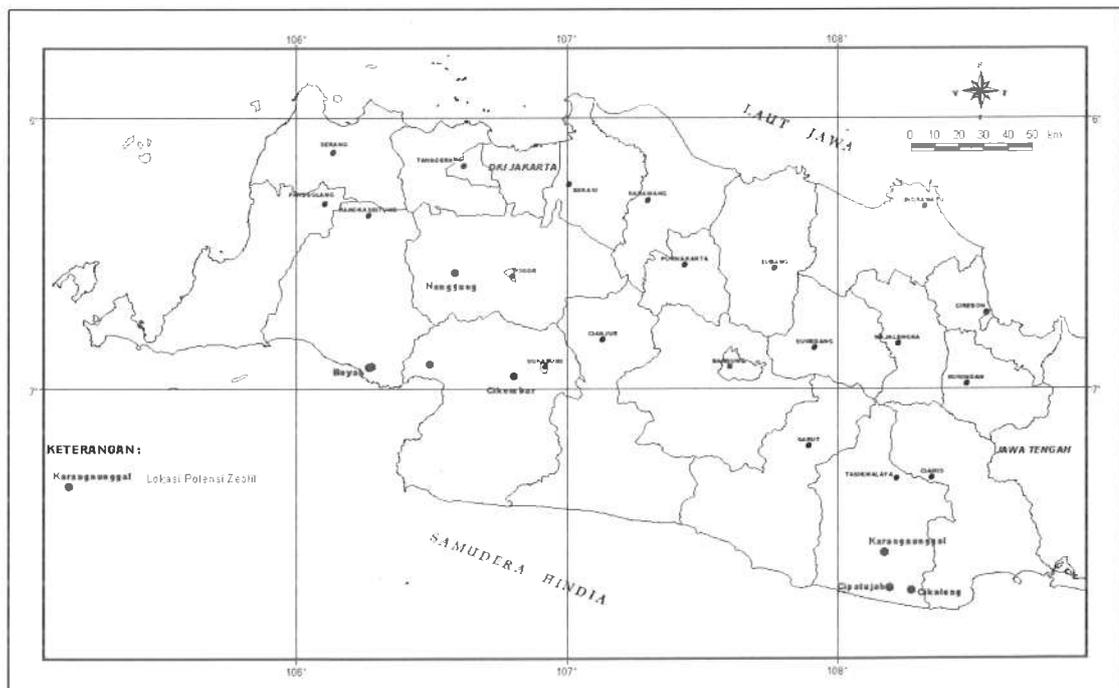
Foto 1. Singkapan zeolit di daerah Pasirgombang, Lebak



Foto 2. Singkapan zeolit di daerah Kec. Cipatujah, Kab. Tasikmalaya, Jabar

Tabel 1.  
 Harga ktk zeolit tasikmalaya setelah diaktifasi dengan pemanasan pada suhu 300°C  
 (Nur Amin Latif, 2004)

Ukuran (mesh)	Waktu Pemanasan (jam)	Harga KTK (mgrek/100gr)
5 + 10	2	119,8
	3	137,0
	4	149,0
10 + 28	2	137,0
	3	157,9
	4	160,0
28 + 48	2	161,0
	3	194,1
	4	196,5
48 + 60	2	180,0
	3	185,4
	4	180,1
60 + 100	2	167,0
	3	179,0
	4	179,0



Gambar 1. Lokasi Endapan Zeolit di Provinsi Jawa Barat dan Banten.

### - Daerah Nanggung, Kabupaten Bogor, Jawa Barat

Zeolit di daerah ini termasuk Formasi Bojongmanik (Yasril Ilyas, 1985), tersingkap dengan baik pada puncak-puncak bukit yang agak tinggi, pada lereng tebing yang agak terjal di bagian hulu anak sungai, pada punggung bukit bergelombang dan di anak sungai maupun pematang persawahan penduduk.

Zeolit berwarna kuning keputihan sampai abu-abu kehijauan, berukuran halus, bersifat keras, kadang-kadang terlihat sisa fragmen batupung yang berukuran kasar, mengandung sedikit mineral biotit, warna lapuk coklat kehitaman, telah mengalami retak-retak dengan arah tidak beraturan, lebar retakan bervariasi antara 2 - 5 cm.

Hasil analisa kimia dari conto zeolit di daerah Nanggung, Bogor adalah sebagai berikut :  $\text{SiO}_2$  : 61,39 - 66,16 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  : 12,04 - 14,12 %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  : 1,18 - 1,98 %,  $\text{CaO}$  : 1,75 - 3,78 %,  $\text{MgO}$  : 0,55 - 0,90 %,  $\text{K}_2\text{O}$  : 0,30 - 1,78 % dan  $\text{H}_2\text{O}$  : 1,00 - 1,65 %. Jenis mineral termasuk kedalam kelompok mineral mordenit dan klinoptilolit.

### MUTU DAN PENGOLAHAN

Kegunaan zeolit telah disebutkan di atas dapat dipergunakan untuk berbagai macam keperluan, baik dalam bidang industri, pertanian, perkebunan peternakan, perikanan, lingkungan, pengolahan air dan keperluan lainnya. Penggunaan zeolit untuk berbagai keperluan tersebut harus memenuhi spesifikasi yang telah baku dan butuh pengolahan yang benar agar dapat dipergunakan sesuai yang dibutuhkan. Mutu zeolit dapat diketahui atau dikaji berdasarkan hasil uji laboratorium, yang meliputi antara lain analisis mineralogi, analisis butir/ayak, analisis kimia, analisis difraksi sinar X (XRD) dan petrografi serta pertukaran ion atau harga kapasitas tukar kation (KTK)nya, baik sebelum maupun sesudah diaktifasi.

Dari kajian "Karakterisasi Sifat Fisika dan Kimia Zeolit" oleh Hardjatmo, 1999, P3TM yang menggaris bawahi garis besar sifat zeolit yang penting dalam penggunaannya, antara lain pertukaran ion, adsorpsi/desorpsi air, adsorpsi gas dan bobot isi ruang (*density*) serta porositas.

### PERTUKARAN ION

Zeolit mempunyai kapasitas tukar kation (KTK) selektif yang tinggi yang membuatnya cocok untuk pemakaian yang beragam. Penggunaan zeolit yang didasarkan atas sifat KTK antara lain pengolahan limbah nuklir, pengolahan limbah metalurgi, budidaya air, makanan tambahan untuk ternak, penghilang bau, pemindahan tanah (*soil amendment*). KTK bergantung pada beberapa faktor antara lain a) sifat kation antara lain ukuran, muatan, b) suhu, c) konsentrasi jenis kation dalam larutan, dan d) karakteristik struktur zeolit. KTK dapat ditingkatkan dengan memperkecil ukuran partikel yaitu bila zeolit terdapat sebagai kristal besar (dalam order mm atau cm) atau bila bahan berzeolit bersifat pejal atau tak berpori.

Perlu diketahui bahwa dalam penentuan KTK untuk suatu conto yang sama dapat menghasilkan angka yang sama sekali berbeda untuk laboratorium yang berbeda. Hal ini bergantung pada metode dan peralatan yang digunakan, dan banyaknya percobaan. Parameter yang

dapat menyebabkan perbedaan hasil KTK antara lain kation penular dan konsentrasinya, waktu dan suhu pertukaran, kesempurnaan pencampuran selama pertukaran, apakah conto telah mengalami perlakuan sebelumnya dengan pemanasan, penukaran ion, atau pengatusan (*leaching*), dan apakah conto yang digunakan berbeda ukuran partikelnya. Oleh karena itu dalam hal ini perlu adanya standarisasi metode pengujian secara internasional dan material zeolit untuk acuan.

Kualitas zeolit berdasarkan Kapasitas Tukar Kation (KTK)nya dapat ditingkatkan dengan cara pengaktifan. Cara pengaktifan ini dilakukan antara lain :

1. Dengan pemanasan pada suhu  $300^\circ\text{C}$  selama kurun waktu 2 sampai 4 jam.
2. Dengan cara kimia asam menggunakan asam sulfat  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,2 N dan konsistensi zeolit 12,5 % dengan waktu pengaktifan 1,0 sampai 1,5 jam. Setelah pengaktifan zeolit dicuci kembali dengan air sampai netral.

Dengan cara kimia basah menggunakan kostik soda atau natrium hidroksida (NaOH). Konsentrasi NaOH 0,5 N dan konsistensi zeolit 12,5 % dengan waktu pengaktifan antara 2 sampai 3 jam. Setelah pengaktifan, zeolit dicuci kembali dengan air.

### KATION YANG DAPAT DIPERTUKARKAN

Jenis kation yang dapat dipertukarkan (*exchangeable cations*) yang terdapat di dalam zeolit perlu diketahui. Hal ini disebabkan jenis kation yang berbeda dalam mineral zeolit yang sama akan memberikan sifat fisika dan kimia yang berbeda dan yang pada akhirnya akan berpengaruh terhadap penggunaannya. Sebagai conto klinoptilolit dan mordenit keduanya dapat dikelompokkan menjadi jenis Na, K dan Ca sesuai dengan jenis utama kation yang dapat dipertukarkan yang dimilikinya. Klinoptilolit yang dipanaskan di atas  $400^\circ\text{C}$  untuk jenis alkali lebih stabil daripada yang jenis Ca. Na-Mordenit mempunyai kapasitas adsorpsi gas nitrogen dan karbon dioksida yang lebih tinggi daripada K-mordenit dan Ca-mordenit. Conto lain perlunya mengetahui jenis kation dalam zeolit yang berkaitan dalam penggunaannya untuk pertanian ialah bila kation utama yang dapat dipertukarkan dalam zeolit adalah jenis Na, maka zeolit ini akan bersifat racun terhadap tanaman. Zeolit dari jenis yang miskin K dan Ca bila digunakan dalam tanah yang kekurangan hara tersebut malahan akan menghambat pertumbuhan tanaman karena  $\text{K}^+$  dan  $\text{Ca}^{2+}$  yang terkandung dalam tanah akan diserap. Kation yang dapat dipertukarkan dapat ditentukan secara tidak langsung dari pengujian KTK.

### ADSORPSI / DESORPSI AIR

Adsorpsi didefinisikan sebagai proses melekatnya molekul atau zat pada permukaan padatan atau cairan. Gejala adsorpsi timbul sebagai akibat hasil gaya permukaan pada padatan, gas, uap, cairan atau larutan, dan material tersuspensi atau koloid. Kira-kira 20 % sampai 50 % volume total kristal zeolit terdiri dari ruang terbuka yaitu dari kerangka struktur aluminosilikat dan rongga

antarkristal. Struktur dalam ini bersifat sangat lekat air (*hydrophilic*), biasanya penuh dengan air. Bila air ini dikeluarkan baik dengan pemanasan atau dengan evakuasi, zeolit yang telah mengalami dehidrasi menjadi adsorben air yang baik sekali. Bila zeolit dehidrat kena udara ia akan dengan cepat menyerap air lembab. Maka dari itu zeolit dehidrat terutama efektif untuk mengatur tingkat kelembaban dalam kondisi kelembaban rendah. Sifat zeolit yang dapat dehidrasi/rehidrasi dapat juga digunakan untuk alat pendingin.

#### BOBOT ISI RUAH (BULK DENSITY) DAN POROSITAS

Bobot isi ruah adalah berat kering suatu volume bahan dalam keadaan utuh dinyatakan dalam  $\text{g/cm}^3$ , sehingga volume bahan disini merupakan volume padatan dan isi ruang diantaranya (ruang pori). Sehingga semakin besar volume padatan dan ruang pori semakin kecil densitas (bobot isi ruah) dan sebaliknya.

Bobot isi mineral zeolit umumnya cukup rendah, berkisar antara 2,1 sampai 2,2  $\text{g/cm}^3$ . Bobot isi batuan berkadar zeolit tinggi cenderung mempunyai bobot isi yang lebih rendah (2,1 - 2,2  $\text{g/cm}^3$ ) dibandingkan dengan batuan yang mengandung mineral ikutan lainnya ( $\pm 2,5 \text{ g/cm}^3$ ).

Bobot isi yang relatif rendah dari batuan berkadar zeolit tinggi ini memberi gambaran mengenai keberadaan mineral zeolit, mineral massa dasar batuan, dan porositas. Batuan berkadar zeolit tinggi cenderung mempunyai porositas yang tinggi (10-20%) pada pemanasan 50°C.

Porositas bisa ditentukan dengan pemanasan zeolit pada suhu tertentu dan pengamatan penyerapan air dalam vakum. Pada pemanasan 50°C, air yang terjerap pada mineral dan pori-pori batuan akan menguap, sedangkan pada pemanasan sampai 200°C batuan berkadar zeolit batuan berkadar zeolit tinggi mengalami kenaikan porositas. Hal ini terjadi karena air yang terakal pada saluran-saluran dalam kerangka zeolit menguap. Batuan berkadar zeolit rendah menunjukkan porositas yang sama pada pemanasan 50°C dan 200°C.

#### ANALISIS UNSUR KIMIA

Analisis unsur kimia dari zeolit dapat membantu dalam menentukan jenis zeolit, kemurnian dan potensi kegunaan bahan. Sebagai mineral aluminosilikat, hasil analisis zeolit akan menunjukkan adanya kadar  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{SiO}_2$  yang dominan di samping unsur alkali dan alkali tanah yang berfungsi sebagai pengontrol stabilitas struktur. Disamping unsur-unsur utama tersebut, zeolit alam mengandung pula unsur pengotor dalam jumlah kecil seperti besi dan logam-logam lainnya. Keberadaan unsur pengotor tersebut mempengaruhi penggunaan zeolit, terutama dalam bidang pertanian karena unsur kelumit (*trace element*) ini dapat bertindak sebagai unsur hara atau bersifat racun bagi tanaman.

Dari hasil analisis kimia yang telah dilakukan terhadap conto zeolit dari daerah Karangnunggal, Cipatujah dan Cikalong Kabupaten Tasikmalaya, Daerah Cikembar, Kabupaten Sukabumi, Nanggung, Kabupaten Bogor, serta daerah Bayah, Kabupaten Lebak menunjukkan komposisi unsur yang hampir sama dengan berbagai jenis zeolit yang terdapat di daerah ini

dan negara lain. analisis kimia zeolit mempunyai ciri khusus yaitu jumlah kandungan unsur silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), jumlah berkisar antara 75% - 80%, sedangkan kalau lebih dari jumlah tersebut berarti bukan zeolit.

#### PENGOLAHAN

Zeolit hasil penambangan berupa bongkah bongkah, harus diolah terlebih dahulu sebelum digunakan untuk berbagai keperluan. Secara garis besar, pengolahan zeolit melalui beberapa tahapan meliputi : pengeringan awal, peremukan, penggerusan, pengayakan dan aktivasi. Untuk pembuatan pelet zeolit, tahapan pengolahannya meliputi pengeringan, peremukan, penggerusan, peletizing, pemanasan (pengeringan), pengayakan, dan pengepakan.

#### KESIMPULAN

Dalam pemanfaatan zeolit telah mengalami pengembangan sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk beberapa keperluan dalam industri dan pertanian, juga bagi lingkungan, terutama untuk menghilangkan bau, karena zeolit dapat menyerap molekul-molekul gas seperti  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  dan lainnya. Zeolit merupakan bahan galian non logam atau mineral industri multi guna karena memiliki sifat-sifat fisika dan kimia yang unik yaitu sebagai penyerap, penukar ion, penyaring molekul dan sebagai katalisator.

Di provinsi Jawa Barat dan Banten, sebaran zeolit terdapat di beberapa Kabupaten, antara lain : Kabupaten Lebak, Sukabumi, Bogor dan Tasikmalaya. Secara umum kualitas dari zeolit di daerah tersebut di atas umumnya digunakan sebagai bahan penjernih air, pertanian, dan lainnya. Zeolit di daerah Lebak mempunyai nilai KTK 52,00 - 67,00 meq/100g (sebelum aktivasi) dan 65,00 - 84,00 meq/100g (setelah aktivasi), daerah Cikembar, Sukabumi mempunyai nilai KTK 119,80 - 196,50 meq/100g (setelah aktivasi), sedangkan dari hasil analisis kimia jumlah kandungan unsur silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) umumnya mempunyai jumlah berkisar antara 75% - 80%.

Diharapkan dengan perubahan organisasi dari Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral (DIM) menjadi Pusat Sumber Daya Geologi (PMG), Sub Pokja Mineral Non Logam dapat mengembangkan potensi mineral non logam di Indonesia, khususnya endapan zeolit dengan eksplorasi yang lebih terarah sesuai dengan kebutuhan pasar, dengan membuat jaringan informasi (networking) bersama produsen, asosiasi dan pihak lainnya, melihat kegunaan zeolit dalam industri sangat besar peranannya.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih penulis ucapkan kepada rekan-rekan dari sub pokja mineral non logam, utamanya kepada Ir Nur Amin Latif MSc, yang telah memberikan banyak masukan serta bantuan hingga makalah ini selesai ditulis. Penghargaan juga ditujukan kepada Ir Kusdarto dari dewan redaksi atas koreksinya untuk penyempurnaan makalah ini.

ACUAN

- Arifin, M. dan Uun Bisri, 1995, *Bahan Galian Industri Zeolit*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral Bandung.
- Arifin M. dan Harsodo, 1991, *Zeolit alam, potensi, teknologi, kegunaan dan prospeknya di Indonesia*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral.
- Eddy, H.R. dkk., 2000, *Penyelidikan Lanjutan Endapan Zeolit di Daerah Cipatujah dan Sekitarnya, Kabupaten Tasikmalaya, Jawa Barat*. Direktorat Sumber Daya Mineral, Direktorat Jenderal Geologi dan Sumber Daya Mineral, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Hardjatmo, 1999, *Karakteristik Mineralogi dan Sifat Kimia-Fisika Zeolit*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral, Bandung.
- Ilyas, Y, 1985, *Penyelidikan endapan zeolit daerah Nanggung*, Kecamatan Nanggung, Kabupaten Bogor, Jawa Barat, Direktorat Sumberdaya Mineral.
- Komar P.A. dkk., 1987, *Prospek pemanfaatan zeolit asal Nanggung untuk penyerap Anion Nitrat dan Nitrit*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral.
- Latif, N.A., 2004, *Eksplorasi Endapan Zeolit di daerah Cikalong, Cipatujah, Karangnunggal, Kabupaten Tasikmalaya, Jawa Barat*. Direktorat Sumber Daya Mineral, Direktorat Jenderal Geologi dan Sumber Daya Mineral, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Sariman, dkk., 1996, *Pemanfaatan zeolit untuk bahan katalis dan pengolahan limbah skala pilot, Bayah, Jawa Barat*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral.
- Sudjarwanto, 1999, *Prospek usaha pertambangan bahan galian zeolit di Kabupaten Daerah Tingkat II Tasikmalaya, Jawa Barat*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral.
- Sukmawan, dkk., 1990, *Laporan penyelidikan terperinci endapan zeolit di daerah Bojong, Kecamatan Cikembar, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat*, Direktorat Sumberdaya Mineral.
- Sutopo, F.X.R. dkk., 1991, *Pengkajian Karakteristik Zeolit Cikalong, Tasikmalaya dan Pemanfaatannya Dalam Pengolahan Air*
- ....., *Percontohan penerapan pemanfaatan zeolit Bayah untuk pertanian di Desa Bintang Resmi Kecamatan Cipanas, Kabupaten Lebak, Jawa Barat*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral,

## PENGELOLAAN TERPADU PEMANFAATAN SUMBER DAYA PANAS BUMI DAN POTENSI WISATA DANAU RANAU

Oleh :  
**Sri Widodo**  
Kelompok Kerja Panas Bumi

### S A R I

Danau Ranau terdapat di wilayah perbatasan dua provinsi yaitu Sumatera Selatan dan Lampung. Bagian utara dan timur termasuk wilayah Kabupaten Ogan Komering Ulu (OKU) Selatan, Provinsi Sumatera Selatan, sedangkan bagian barat dan selatan termasuk ke dalam wilayah Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung.

Manifestasi panas bumi berupa mata air panas dijumpai pada beberapa lokasi, seperti Waipanas-Lombok, Talang Kedu (di desa Lombok) dan Kerincing, Wai Wangi, Waipanas-Kotabatu, Cukuh Penggeseran di desa Banding. Berdasarkan penyelidikan dari Pusat Sumber Daya Geologi pada tahun 2005, potensi cadangan panas bumi terduga daerah ini setara 40 MWe. Selain dapat dipergunakan untuk kepentingan listrik, sumber daya panas bumi ini dapat dimanfaatkan untuk sterilisasi media tanam sayuran serta pengeringan hasil pertanian, perkebunan dan perikanan. Hasil bumi daerah sekitar danau Ranau berupa tomat, kol, cabe, pisang, kopi dapat diolah dengan menggunakan pemanasan/ pengeringan dari energi panas bumi. Manfaat yang lain adalah untuk pemanasan ruangan, rumah kaca (green house) spa, dan pemandian air panas.

Potensi wisata di danau Ranau berupa wisata danau, gunungapi, panas bumi, wisata hutan dan agrowisata merupakan kekayaan daerah tersebut. Pengelolaan secara terpadu potensi-potensi diatas dapat menghasilkan Pendapatan Asli Daerah (PAD) serta menjaga lingkungan.

### A B S T R A C T

*Lake Ranau is located on the borders of South Sumatera and Lampung provinces, northern and western parts belong to OKU regency of South Sumatera and western and southern parts belong to West Lampung regency of Lampung.*

*Geothermal manifestation was identified as steam and hotwater occurred on some palces such as Waipanas-Lombok, Talang Kedu of Lombok village and Kerincing, Wai Wangi, Waipanas-Kotabatu, Cukuh Penggeseran at Banding village. Based on CGR survey in 2005, inferred resources of geothermal was 40 MWe. Geothermal resurces can also be used as a medium to sterilize vegetables and drying agricultural, plantation and fisheries products in the area of Lake Ranau such ie. tomato, coffee, chilli, and banana green house, air condition, instead of for electicity utilization.*

*Tourism objects around Lake Ranau mostly of lake, mountain, forest and agrotourism should be integrately managed that in turn may increase Regional Income as well as to properly manage the environment.*

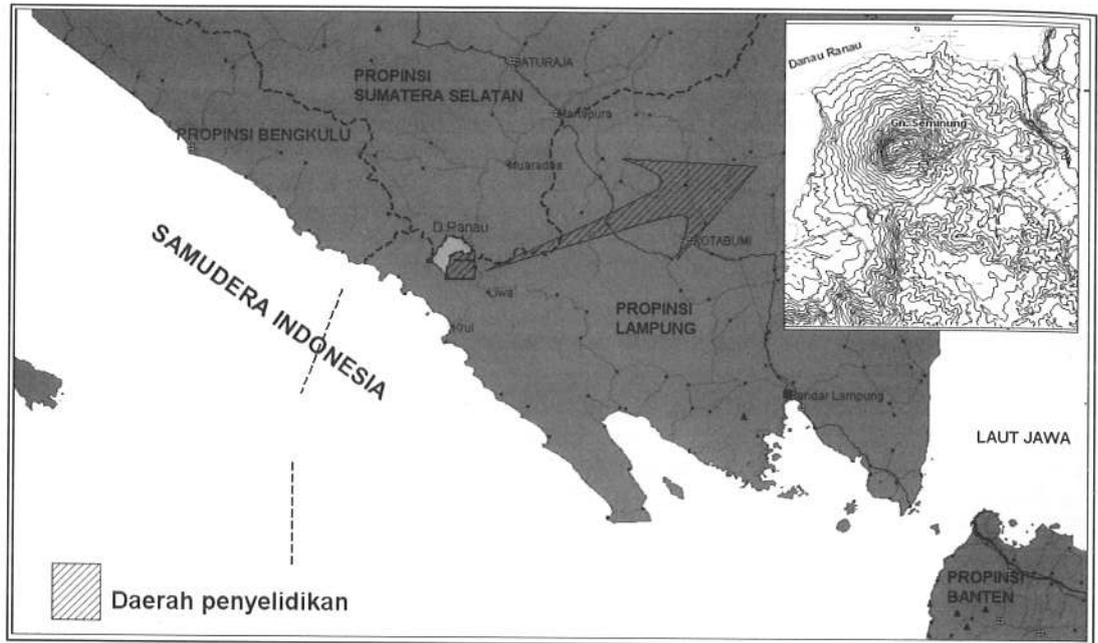
### PENDAHULUAN

Danau Ranau merupakan sebuah danau yang asri dengan air yang jernih serta melimpah dan pemandangan yang menarik di daratan Sumatera. Danau ini menjadi bagian dari wilayah dua kabupaten yaitu Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung dan Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan, Provinsi Sumatera Selatan (Gambar 1).

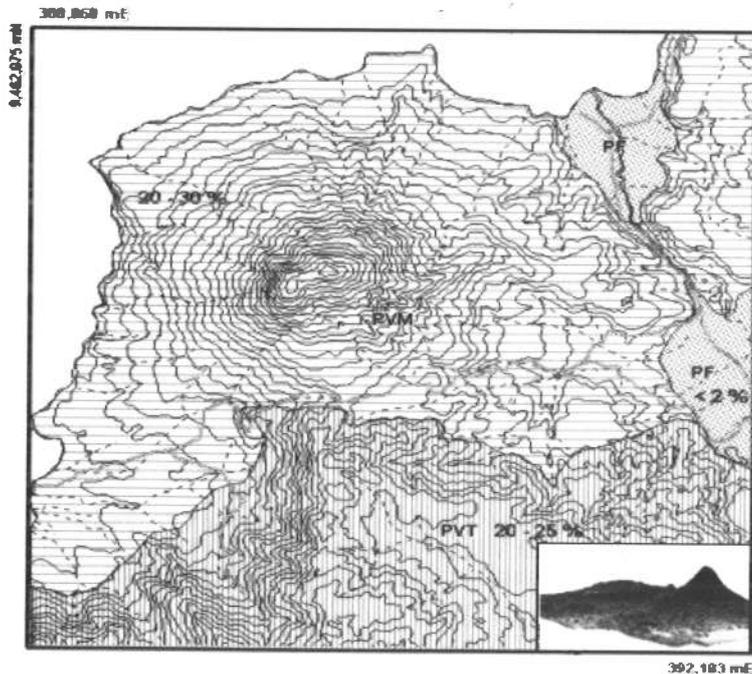
Lokasi sekitar danau di bagian timur sudah dilengkapi dengan sarana jalan yang cukup bagus dan bisa dicapai dengan kendaraan roda empat. Danau ini selain menjadi tempat wisata, juga menjadi jalur transportasi antar desa-desa di wilayah Lampung barat (Lombok) dan Sumatera Selatan (Banding, Kotabatu, Heni Arong) dengan perahu bermesin kecil. Sangat disayangkan bahwa sarana kelistrikan daerah ini masih minim sekali. Sampai saat ini, belum semua penduduk di sekitar Desa Lombok yang dapat menikmati listrik, baru di sekitar pusat Desa saja yang mendapatkan fasilitas tersebut (siang hari mati), sedangkan wilayah yang agak terpencil masih menggunakan alat penerangan sederhana (cempor, lampu minyak dsb).

Bentang alam sekitar danau Ranau terdiri dari dataran hingga pegunungan dengan ciri dan karakter batuan yang berbeda pula. Lereng-lereng gunung yang terbentuk dari proses endogen dan eksogen sejak masa tersier, batuan vulkanik yang mendominasi dan membentuk relief kasar serta curam, dilengkapi dengan gawir-gawir terjal yang terbentuk akibat perkembangan struktur, semua bersinergi membentuk bentang alam yang begitu exotis. Bentang alam daerah ini dibedakan menjadi tiga satuan yaitu satuan gunungapi tua, satuan gunungapi muda, dan pedataran aluvial (Nurhadi dkk, 2004). Bentang alam vulkanik tua mengelilingi danau di sebelah utara, timur dan barat, sedangkan bagian selatan tertutupi bentang alam vulkanik muda seperti adanya gunung Semining yang berumur kuartar (lihat Gambar 2).

Keragaman bentang alam ini sangat penting dalam pengembangan pariwisata Danau Ranau, begitu pula keberadaan Danau, mata air panas, gunung, hutan dan lahan kebun serta pertanian yang memperlengkap kekayaan wisata daerah ini.



Gambar 1. Peta indeks lokasi panas bumi Danau Ranau



Keterangan  
 PF : Pedataran Fluvial  
 PVM : Perbukitan Vulkanik Muda  
 PVT : Perbukitan Vulkanik Tua

Gambar 2. Morfologi Sekitar Daerah Danau Ranau

Danau Ranau bercurah hujan yang cukup tinggi sampai sekitar 2500-3000 mm per tahun sehingga cukup untuk mempertahankan kestabilan tinggi permukaan air danau. Curah hujan tinggi berlangsung antara bulan Desember – Februari.

Penduduk wilayah ini umumnya bermata pencaharian sebagai nelayan, pedagang, dan petani. Secara umum keadaan tanah di daerah penyelidikan cukup subur, karena merupakan hasil letusan gunung berapi dengan kandungan tinggi unsur-unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Di beberapa tempat telah dibangun sistem irigasi yang tertata baik sehingga

sangat baik untuk bercocok tanam seperti perkebunan, palawija, dan persawahan.

Selain potensi wisata tersebut, daerah ini mempunyai suatu sumber daya energi yang dapat menggantikan peran energi fosil yaitu panas bumi. Beberapa manifestasi berupa mata air panas dijumpai di lokasi Waipanas-Lombok, Talang Kedu (di desa Lombok) di wilayah Lampung dan Kerincing, Wai Wangi, Waipanas-Kotabatu, Cukuh Penggeseran di desa Banding wilayah OKU Selatan. Sumber daya panas bumi ini diharapkan menjadi energi pembangkit listrik yang sangat dibutuhkan untuk kepentingan pedesaan maupun industri di wilayah tersebut.

## POTENSI DAN PEMANFAATAN ENERGI PANAS BUMI

Di sekeliling pantai Danau Ranau khususnya pada bagian selatan dan tenggara, seperti di dusun Langkat dan Talang Kedu terdapat manifestasi panas bumi berupa mata air panas yang sering digunakan untuk keperluan mandi oleh penduduk di sekitarnya (lihat Tabel 1).

Berdasarkan penyelidikan yang dilakukan oleh Direktorat Sumber Daya Mineral (DIM) pada tahun 2004, daerah ini mempunyai luas prospek sekitar 3 km<sup>2</sup> dengan suhu reservoir sekitar 200 °C dan diduga mampu membangkitkan daya listrik sekitar 40 MWe (Sri Widodo, dkk., 2004).

Dengan potensi sebesar ini sekurang-kurangnya dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik tenaga panas bumi skala sedang untuk memasok kebutuhan listrik pedesaan di sekitar Danau Ranau dan pengembangan pariwisata daerah ini. Pemanfaatan lainnya adalah untuk penggunaan langsung seperti pengeringan dan pengolahan hasil perkebunan/pertanian, selain untuk menunjang kepariwisataan daerah ini.

### a. Pembangkitan Listrik Tenaga Panas Bumi

Listrik merupakan salah satu prasarana yang sangat dibutuhkan dalam pengembangan suatu daerah, baik itu untuk kepentingan keluarga, industri maupun wisata. Potensi panas bumi Danau Ranau (terduga 40 MWe) ini cukup besar untuk memenuhi kebutuhan kelistrikan di wilayah tersebut, bahkan mungkin juga bisa memasok kebutuhan listrik daerah lain, dan ini merupakan pendapatan daerah (Kabupaten) yang cukup baik.

Dalam pengembangan potensi panas bumi daerah Danau Ranau, Pemerintah Kabupaten perlu menggandeng pihak-pihak investor untuk terlibat dalam pengadaan listrik dari energi panas bumi. Hal ini disebabkan karena pengembangan listrik energi panas bumi membutuhkan biaya dan teknologi eksplorasi serta resiko kegagalan yang tinggi. Itupun harus didukung dengan mengurangi birokrasi yang berbelit-belit sehingga berujung pada pembengkakan biaya eksplorasi. Tingginya biaya eksplorasi akan berdampak pada tingginya harga uap/listrik yang dihasilkan.

### b. Energi Panas Bumi untuk Pengeringan

Energi panas bumi dapat digunakan secara langsung (teknologi sederhana) untuk proses pengeringan terhadap hasil pertanian, perkebunan dan perikanan dengan proses yang tidak terlalu sulit. Air panas yang berasal dari mata air panas atau sumur produksi panas bumi pada suhu yang cukup tinggi dialirkan melalui suatu *heat exchanger*, yang kemudian memanaskan ruangan pengering yang dibuat khusus untuk pengeringan hasil pertanian. Pilot proyek percobaan sterilisasi media jamur telah dilakukan oleh BPPT yang bekerja sama dengan Pertamina dan PT. Rekayasa Industri di Kamojang dan Lahendong (Gambar 3).

Beberapa produk pertanian dan perkebunan yang dapat diproses dengan pengeringan antara lain padi, kopi dan kayu manis. Bahkan mungkin pengeringan ikan danauupun bisa dilakukan; daerah ini cukup banyak menghasilkan ikan danau. Berdasarkan percobaan, hasil pengeringan produk pertanian dengan energi panas bumi memberikan hasil yang lebih cepat dan mutunya lebih baik dibanding dengan proses pengeringan alami dengan panas matahari.

### c. Energi Panas Bumi untuk Sterilisasi Media Tanam

Pada masa depan, sesuai dengan ketinggiannya daerah ini sangat bagus untuk pengembangan agroindustri. Berbagai jenis tanaman terutama sayur dan buah-buahan seperti tomat, kol, cabe, bawang, dapat tumbuh dengan baik disini. Rumah-rumah kaca pun akan baik untuk dibudayakan.

Untuk membunuh hama tanah pada awal tanam, maka media tanam perlu disterilkan. Sterilisasi media tanam ini dapat dilakukan dengan memanaskan media tersebut sampai suhu tertentu (80 – 110°C) sehingga hama yang ada mati. Pemanasan ini dapat dilakukan dengan energi panas bumi. Untuk keperluan ini maka panas yang berasal dari sumur panas bumi dilewatkan pada suatu *heat exchanger* sebelum diinjeksikan kembali ke dalam batuan. Dari *heat exchanger* tersebut kemudian dibuat jaringan pipa-pipa air yang terpanaskan di seputar areal tanam dengan cara ditanam. Panas dari pipa-pipa tersebut kemudian memanaskan media tanah setelah dilakukan pemanasan dengan waktu tertentu. Tanah yang telah terpanaskan dibiarkan mendingin untuk selanjutnya dilakukan penanaman. Untuk menjaga suhu rumah kaca dari hawa dingin pada musim-musim tertentu juga dapat dilakukan dengan cara diatas, hanya pipa tidak ditanam.

Tabel 1. Mata Air Panas di sekitar Danau Ranau

No.	Nama Mata Air Panas	Suhu (°C)	pH	Debit (liter/detik)	Keterangan
1.	Waipanas	45-64	6.4 – 6.9	0.05	Desa Lombok
2.	Talang Kedu	56	6.4	0.05	Desa Lombok
3.	Waipanas	60	6.7 - 6.9	0.10	Desa Kota Batu
4.	Kerincing	43.3	6.9	0.04	Desa Kota Batu
5.	Wai Wangi	37.3	7.4	0.10	Desa Kota Batu
6.	Cukuh Penggeseran	46.3	6.8	0.04	Desa Kota Batu

(Sumber : BanGambarang Sulaeman, 2004)



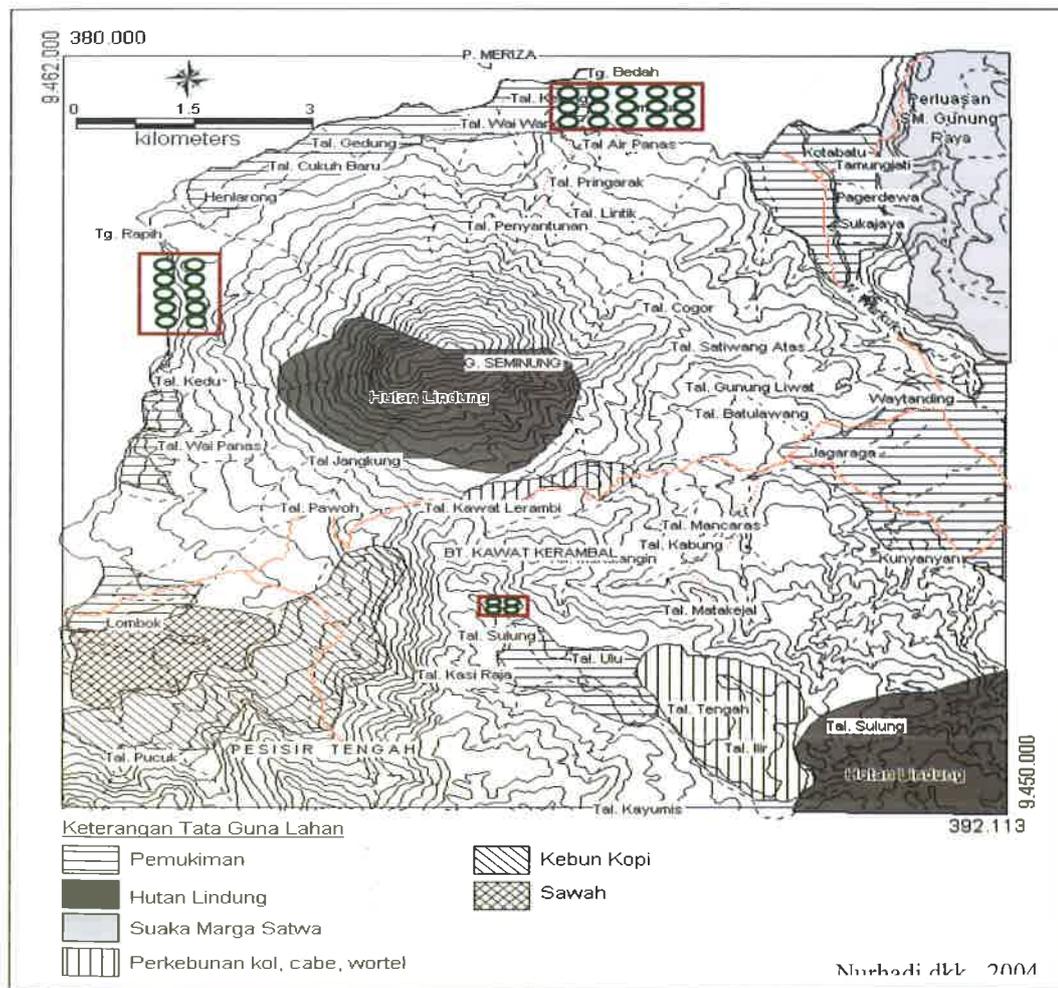
*Gambar 3. Pilot Proyek Percobaan Pemanfaatan Panas Bumi untuk Budi Daya Jamur*



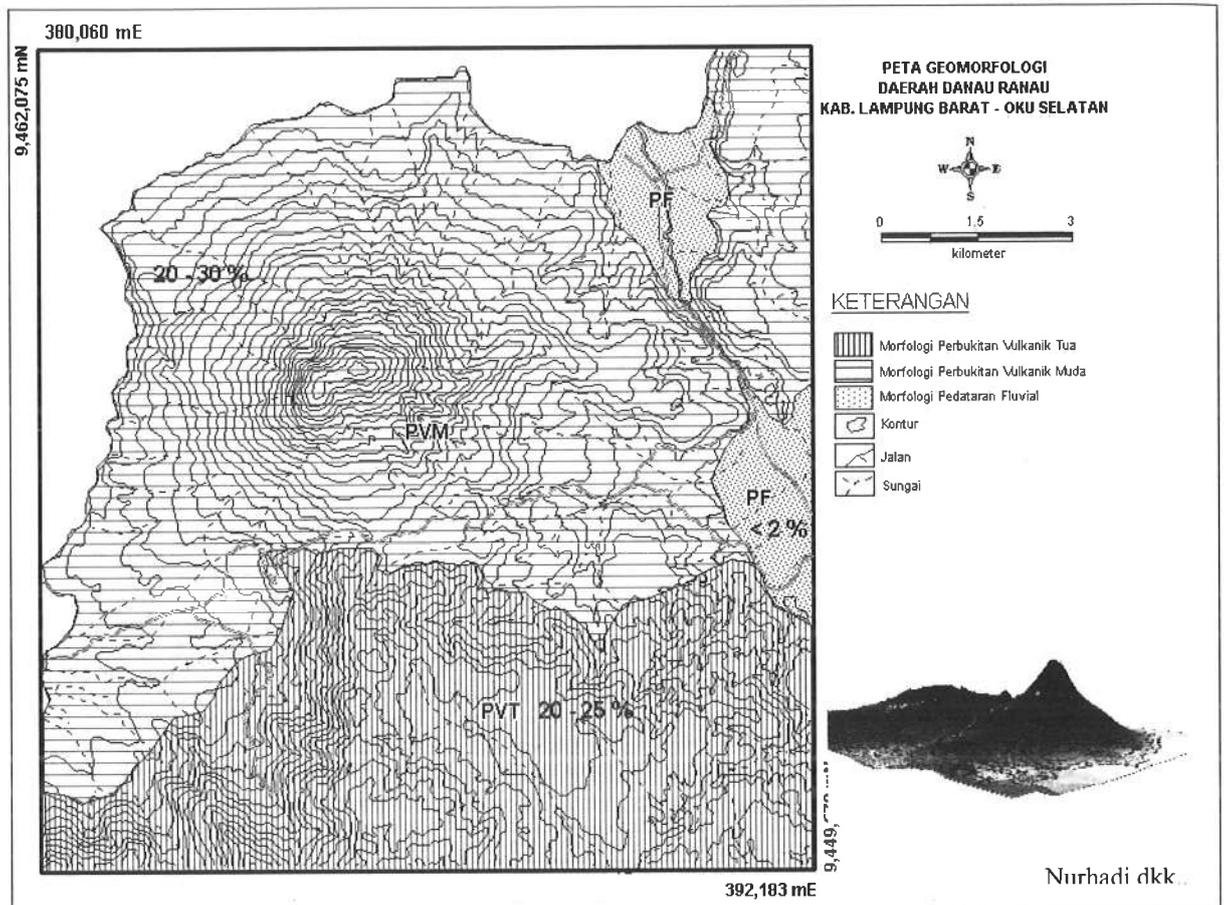
*Gambar 4. Contoh Pemanfaatan Panas Bumi untuk Rumah Kaca*



Gambar 5. Pemandangan Danau Ranau



Gambar 6.  
Peta Tata Guna Lahan Daerah Panas Bumi Danau Ranau



Gambar 7. Peta Geomorfologi Daerah Panas Bumi Danau Ranau

**d. Energi Panas Bumi untuk Pemanasan**

Dengan cara yang hampir sama dengan pemanasan rumah kaca maka energi panas bumi juga dapat digunakan secara langsung untuk pemanasan, seperti :

- pemanas ruangan (hotel, home stay, dll.) dibutuhkan karena lokasi sekitar danau berelevasi cukup tinggi dan bersuhu cukup dingin pada masa-masa tertentu.
- untuk pengolahan hasil hutan (rotan, kayu, dll.), karena di sekitar kawasan ini masih terdapat hutan dan kebun rakyat yang membudayakan tanaman keras.

**POTENSI WISATA DI DANAU RANAU**

Beberapa jenis potensi wisata bisa menjadi andalan dalam pengembangan wilayah Danau Ranau.

**a. Wisata Danau**

Selain airnya yang jernih dan berlimpah serta pemandangan sekitar danau yang begitu exotis (Gambar 4), beberapa jenis kegiatan dapat menjadikan kawasan wisata danau Ranau ini lebih menarik; misalnya berperahu mengelilingi Danau Ranau sambil menikmati beberapa jenis sajian alam seperti singkapan batuan beku di sekeliling danau, hamparan sawah dan perbukitan, perkampungan tepi danau dan hijaunya tetanaman hutan lindung/hutan wisata. Untuk lebih menarik minat wisatawan baik domestik maupun mancanegara, maka perlu diselenggarakan kegiatan sejenis lomba perahu tradisional pada bulan-bulan tertentu.

**b. Wisata Panas Bumi**

Pengelolaan wisata panas bumi dapat dilakukan dengan membuka tempat-tempat pemandian air panas, spa dan tempat-tempat peristirahatan di sekitar lokasi manifestasi panas bumi. Potensi daerah cukup besar bila melihat banyaknya manifestasi panas bumi yang berupa air panas di daerah ini (lihat Tabel 1).

Beberapa lokasi air panas cukup menarik untuk dikunjungi seperti air panas Kotabatu, Lombok, apalagi keberadaannya di pinggir danau. Ditempat-tempat tersebut para wisatawan selain memanjakan mata juga bisa menikmati mandi air panas.

Bahkan lokasi pembangkitan/instalasi listrik tenaga panas-bumi pun (bila sudah ada) bisa dijadikan obyek wisata yang cukup menarik dengan adanya semburan uap panas sisa dari pembangkit.

**c. Wisata Gununggapi**

Gunung Seminung yang mempunyai ketinggian ±1881 m di atas permukaan laut (dpl) cukup menarik bagi para wisatawan untuk mendaki ke puncaknya. Apalagi didukung dengan hawa yang sejuk dan hijaunya hutan sekelilingnya. Gunung ini dapat menjadi tempat pendakian bagi para pecinta alam, terlebih lagi disana telah tersedia jalan pendakian/setapak menuju puncak G. Seminung.

**d. Wisata Hutan**

Hutan lindung dapat ditemui sekitar puncak Gunung Seminung bagian selatan dan di Talang Sulung, dengan tanaman keras dan rotan. Hutan produksi terhampar luas di lereng bawah Gunung

Seminung dan perbukitan di sekitar Danau Ranau dengan produksi rotan dan kayu untuk bangunan. Hutan cagar alam digunakan untuk mempertahankan keragaman hayati di sekitar Danau Ranau. Hutan ini dijumpai di bagian timur Danau Ranau di wilayah Gunung Raya. Lihat Gambar 6.

#### e. Wisata Kebun

Sepanjang perjalanan dari Desa Jayaraga sampai Lombok, disana akan terlihat beberapa sentra perkebunan sayur mayur dan kebun tanaman keras yang dapat dinikmati sebagai obyek wisata. Beberapa jenis tanaman sayuran seperti kol, tomat, cabe terhampar indah, cukup memanjakan mata untuk menikmatinya.

#### PENGLOLAAN POTENSI TERPADU

Dengan kekayaan daerah yang beragam ini, maka akan lebih efisien dan efektif bila pengelolannya dilakukan secara terpadu. Pengelolaan potensi Danau Ranau secara terpadu ini dapat dilaksanakan dengan :

- a. penyediaan infrastruktur di kawasan wisata Danau Ranau yang berupa jalan mengelilingi danau bagi kendaraan roda empat serta bangunan yang dibutuhkan.
- b. penyediaan bandar udara untuk pesawat terbang yang melayani jalur-jalur kota besar.
- c. pembenahan obyek wisata gunungapi dan hutan dengan melakukan penghijauan di sekitar Gunung Seminung, sehingga tercipta sajian keindahan di sepanjang perjalanan dari Kota Liwa sampai sekeliling Danau Ranau.
- d. menjaga ketersediaan air dengan melestarikan hutan.
- e. pembangunan pembangkit listrik energi panas bumi di sekitar Danau yang juga dikemas untuk tujuan wisata.
- f. pembangunan lokasi sentra pengeringan hasil bumi yang transportasinya mudah dijangkau oleh petani.
- g. pembenahan sarana transportasi air yang juga dapat digunakan untuk wisata keliling danau
- h. pembenahan sarana transportasi darat dari Liwa tujuan Palembang yang melewati Danau Ranau.
- i. pembangunan tempat-tempat peristirahatan (vila, hotel, home stay, dll.) yang memadai.
- j. pembenahan kembali tempat-tempat pemandian air panas dan spa yang selama ini ada tapi telah mengalami kerusakan.
- k. mengembangkan budaya tanaman rumah kaca terutama yang dekat dengan lokasi sentra

pengeringan, supaya dalam menyediakan panas tidak terkendala dengan jarak yang jauh.

- l. penyelenggaraan pesta tahunan dan lomba pacu perahu tradisional yang dilaksanakan di danau.
- m. tidak kalah penting dari itu semua adalah menyebarkan informasi wisata untuk sarana promosi yang berisi paket wisata Danau Ranau bagi calon wisatawan baik domestik maupun asing.

#### KENDALA PENGEMBANGAN

Beberapa kendala yang mungkin menghambat pembangunan dan pengelolaan wisata di Danau Ranau antara lain :

- a. Danau Ranau terbagi dalam dua wilayah yaitu di bagian selatan dan barat termasuk wilayah Kabupaten Lampung Barat Sedangkan bagian utara dan timur termasuk wilayah OKU Selatan, Provinsi Sumatera Selatan. Perbedaan wilayah ini bisa menjadi kendala, karena memadukan program pengembangan dari dua bagian provinsi memang tidak mudah karena masing-masing mempunyai prioritas dalam membangun daerahnya.
- b. Beberapa tempat mempunyai medan yang cukup sulit karena terjal.
- c. Medan terjal ini berpotensi terjadi longsor.

#### KESIMPULAN DAN SARAN

- Prospek Panas Bumi Danau Ranau dengan potensi sebesar  $\pm 40$  MWe akan efektif bila dikembangkan secara terpadu antara pemanfaatan untuk listrik dan non listrik, serta diramu dengan obyek wisata danau, hutan gunung api, dan kebun dengan menarik.
- Pengembangan proyek tersebut bisa berhasil baik asal mempertimbangkan faktor-faktor potensi dan kendala yang mungkin bisa menghambat pelaksanaan.
- Perlu kerjasama yang harmonis antara wilayah Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung dengan Kabupaten OKU Selatan serta pihak pengembang.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Pusat Sumber Daya Geologi (dulu dengan nama DIM) yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian di daerah panas bumi Danau Ranau.

#### ACUAN

- Sumotarto, U., T. Surana, F. Lasman. 2000. *Pemanfaatan Energi panas Bumi untuk Budi Daya Jamur. Proseding. PIT API-IV. Jakarta.*
- Tim penyelidikan terpadu danau Ranau. 2005. *Laporan Penyelidikan Terpadu Geologi, Geokimia dan Geofisika di Daerah Panas Bumi Danau Ranau.* Direktorat Inventarisasi Sumber Daya mineral. Laporan. Tidak dipublikasikan.

## PROSPEK PANAS BUMI DI LINGKUNGAN GRANIT DAERAH KANAN TEDONG - PINCARA, LUWU UTARA, SULSEL

Oleh :

Herry Sundhoro, Bakrun, Edi Suhanto, Dedi Kusnadi, Dendi Surya Kusuma dan  
Iyus Rustama

Kelompok Kerja Panas Bumi, Pusat Sumber Daya Geologi {PSM}

### S A R I

Daerah Kanan Tedong terletak di lingkungan batuan granit. Luas daerah prospek diidentifikasi berdasarkan kompilasi karakteristik geologi, geokimia dan geofisika yang lajim dipakai dalam eksplorasi panas bumi.

Penyelidikan difokuskan di sekitar mataair panas pada fraktur batuan Granit Simbolong (Tpgs). Lintasan geofisika dan geokimia dibuat tegak lurus dengan arah struktur sesar.

Indikasi fluida uap dan airpanas di kedalaman direfleksikan oleh munculnya air panas Kanan Tedong dan Pamandian yang diapit oleh patahan berarah barat-laut-tenggara (Balakala) dan patahan arah utara-selatan (Baluase). Patahan tersebut telah membentuk permeabilitas batuan (*feed zone*) sebagai akses fluida dari kedalaman ke permukaan.

Luas daerah prospek disimpulkan  $\pm 3 \text{ Km}^2$ , posisinya berada pada batuan granit, diantara sesar Baluase dan sesar Balakala. Estimasi suhu di kedalaman sebesar  $214^\circ \text{C}$  yang dihitung berdasarkan aplikasi geotermometer Na/K. Prakiraan fluida panas didominasi oleh sistem airpanas dengan asumsi poket reservoir berada pada kedalaman  $> 600 \text{ m}$  dan tidak ada indikasi zona konduktif. Sedangkan potensi cadangan terduga adalah sebesar  $\pm 12 \text{ Mwe}$ .

### A B S T R A C T

*Kanan Tedong is situated on granite rocks area and its prospective resources are identified according to its geological, geophysical and geochemical characteristics generally used in the geothermal exploration. Investigation was focused at hot-spring area on Simbolong granite rocks fracture. Geophysical and geochemical lines were vertically made towards fault structure.*

*Identification of steam fluids and hotwater at the depth reflected by the manifestation of Kanan Tedong hotwater and the Pool bracketed by faults of northwest-southeast strike (Balakala) and north-south (Baluase) that formed feed zone as flude accessibility from its depth to surface.*

*The area is of about  $3 \text{ km}^2$  width, inbetween of Baluase and Balakala faults with the depth temperature is  $214^\circ \text{C}$  based on the calculation on Na/K geothermometer. Estimated hot fluids mainly dominated by steam at the assumption of  $> 600 \text{ m}$  depth reservoir package which no conductive zone identification. Geothermal reserves is approximately  $12 \text{ Mwe}$ .*

### PENDAHULUAN

Secara global ketersediaan energi panas bumi di Indonesia berasosiasi dengan daerah magmatik dan vulkanik sebagai sumber panasnya. Kepulauan Indonesia yang terletak di jalur gunungapi merupakan daerah berpotensi bagi terbentuknya energi panas bumi.

Di sepanjang pantai barat P. Sumatera melanjut ke selatan P. Jawa, terus memanjang ke P. Bali dan Nusa Tenggara, kemudian berbelok ke utara ke arah P. Sulawesi, Kepulauan Maluku dan Kepulauan Filipina. Pembentukan busur vulkanik menjadi landasan akan besarnya potensi panas bumi yang terkandung di Indonesia. (Gambar 3). Walau di daerah Sulawesi terkadang berasosiasi dengan munculnya tubuh-tubuh plutonik sebagai sumber panas.

Kebutuhan energi listrik di Kabupaten Luwu akan terus meningkat, seiring kenaikan distribusi ke konsumen berupa kebutuhan bagi bidang: industri, jasa dan rumah tangga. Kebutuhan tersebut akibat adanya penambahan jumlah penduduk dan perluasan wilayah pemukiman.

Dalam upaya memenuhi kebutuhan tenaga listrik itu Pemerintah Pusat dengan Pemerintah Provinsi

Sulawesi Selatan dan Pemerintah Kabupaten Luwu Utara telah melakukan eksplorasi/ penelitian geosaintifik terpadu energi alternatif panas bumi di Kanan Tedong - Pincara, Kabupaten Luwu Utara, Sulsel, dengan metoda geologi, geokimia dan geofisika di dalam wilayah koordinat  $02^\circ 27' 00'' - 02^\circ 35' 00'' \text{ LS}$  dan  $120^\circ 18' 00'' - 120^\circ 26' 00'' \text{ BT}$  (Gambar 2).

Targetnya untuk menentukan tipe fluida (uap atau airpanas), luas daerah prospek, besarnya potensi cadangan yang terkandung dan pemanfaatan dari fluida tersebut.

### METODA BAHASAN

Analisis geosaintifik terpadu yang lajim dipakai berupa aplikasi 3 metoda; geologi, geokimia dan geofisika.

**Geologi**, berupa pemetaan morfologi, stratigrafi, struktur geologi dan geohidrologi di daerah panas bumi, dengan sampel representatif dianalisis untuk simpulan. Korelasi umur memakai *dating fision track* dari mineral *zircon* pada batuan granit Simbolong (Tpgs) yang menunjukkan umur  $3.3 \pm 0.3 \text{ Ma}$  (Pliosen).

**Geokimia**, dengan data analisis sampel airpanas Pincara (Kanan Tedong = APPI 1 dan Pamandian = APPI 2), analisis Hg tanah dan CO<sub>2</sub> udara tanah.

Analisis airpanas menghasilkan konsentrasi kation, anion unsur major, isotop <sup>18</sup>O dan deuterium, dengan ion balance < 5 %. Tipe airpanas diuji pada diagram segitiga Cl-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub> dan Na/1000-K/100-√Mg, sedangkan estimasi suhu bawah permukaan mengaplikasikan geotermometer dari unsur Na/K.

Sampel tanah dan udara tanah di kedalaman 1 m, dianalisis kandungan merkuri (Hg) dan CO<sub>2</sub> untuk indikasi anomali dari daerah *up-flow*.

**Geofisika**, berupa metoda geo-magnet, gaya berat dan geo-listrik.

Pengukuran geo-magnet dilakukan dengan ketelitian 0.1, 1.0 dan 10 *gamma* dan harga IGRF 45.210 *gamma* serta variasi harian dengan harga fluktuasi antara 45.125 - 45.212 *gamma*.

Gaya berat dilakukan untuk identifikasi struktur bawah permukaan. Penentuan densitas batuan di laboratorium menunjukkan harga rata-rata 2.6 gr/cm<sup>3</sup>.

Geo-listrik memakai metoda *Schlumberger* berbenteng simetris AB/2=250, 500, 750 dan 1000 m dan dibuat peta anomali. Hasil yang representatif diambil dari pengukuran bentangan AB/2= 1000 m.

## GEOLOGI

**Stratigrafi**, penelitian lapangan dengan analisis *Citra Landsat* dan petrografi batuan representatif, menunjukkan ada 6 satuan batuan. Urutan tua ke muda adalah: Satuan andesit G. Loppeng (Tpll), Satuan breksi G. Loppeng (Tpb1). Satuan sedimen Tinjuawo (Tmsp), Satuan granit Simbolong (Tpgs), Satuan sedimen (Opss) dan Aluvium (Qa) (Gambarr 4).

**Struktur**, dicerminkan oleh kelurusan tofografi, paset segi tiga, gawir sesar, *joint-joint*, *off-set* batuan, zona breksiasi, cermin sesar (*slicen side*) dan manifestasi panas. Berdasarkan cerminan tersebut, terdapat 3 sesar utama:

- Sesar I (Baluase), berarah N 20-30° E, sudut kemiringan > 70°.
- Sesar II berarah N 45-50° E, sudut kemiringan 45-60°.
- Sesar III (Balakala, Masamba dan Kula), arah N 320-340° E, sudut kemiringan > 80°.

Sesar termuda/ sesar III memunculkan airpanas Pamandian & Kanan Kedong (Pincara) serta Kanan Kole & Kanan Kumbi (Lero) (Gambarr 4).

**Geohidrologi**, wilayah airtanah dibagi 3, yaitu: Daerah resapan air (*re-charge area*), Daerah munculan airtanah (*dis-charge area*) dan Aliran permukaan (*run-off water area*) (Gambarr 4).

- Daerah resapan, menempati ± 70 % dari luas daerah penelitian. Pada morfologi perbukitan terjal/ST, perbukitan bergelombang sedang/SS dan perbukitan bergelombang lemah/SL. Air hujan meresap ke dalam bumi melalui *feed zone* dan terkumpul sebagai kantong airtanah. (*catchment-area*) di kedalaman.
- Daerah munculan airtanah, mencakup ± 25 % dari luas daerah penelitian. Pada morfologi pedataran/SP. Air hujan yang meresap ke bumi terakumulasi berupa kantong air (*catchment area*). Akibat darigaya gravitasi, sebagian air melaju dan muncul di dataran berupa mataair dingin dan airpanas

- Daerah aliran permukaan (*run-off water*), mencakup ± 5 % dari luas daerah penelitian. Air hujan yang mengalir di permukaan bumi secara gravitasi akan mengalir dari elevasi tinggi ke elevasi rendah dan akhirnya menuju pedataran, diantaranya S. Baluase dan S. Masamba, yang kemudian berlanjut bermuara di Teluk Bone.

## GEOKIMIA

**Tipe airpanas**, konsentrasi unsur kimia airpanas Kanan Tedong yang diuji di diagram segitiga Cl-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>, menunjukkan bahwa air panasnya bertipe bikarbonat dengan konsentrasi sulfat tinggi. Tipe tersebut artinya menunjukkan adanya interaksi fluida panas saat pembentukannya, sedangkan kandungan SO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S nya berasal dari reservoir panas yang banyak mengandung gas-gas vulkanik (*up-flow system*). (Gambarr 6 A).

Uji unsur kimia airpanas pada diagram segitiga Na/1000-K/100-√Mg menunjukkan bahwa letaknya berada di dekat daerah *partial equilibrium*. Artinya telah terjadi interaksi antara batuan sekitarnya dengan fluida panas saat naik kepermukaan. (Gambarr 6 B).

**Estimasi suhu reservoir**, hasil analisis laboratorium mata airpanas Kanan Tedong dan Pamandian (Pincara) menunjukkan bahwa keduanya mengandung konsentrasi Si tinggi dan secara fisik mata airpanas tersebut berada di batuan granit. Karenanya konsentrasi Si tinggi tersebut diasumsikan akibat dari kontaminasi mineral Si yang berasal dari granit.

Artinya estimasi suhu di kedalaman dengan aplikasi formula *silica conductif cooling* tidak cocok dipakai.

Demikian juga aplikasi berdasarkan formula Na, K dan Ca tidak memenuhi persyaratan, karena tidak terindikasi adanya sinter karbonat pada manifestasi panasnya.

Kondisi yang paling memenuhi persyaratan untuk aplikasi suhu bawah permukaan adalah penggunaan estimasi geotermometer Na/K. Hasilnya menunjukkan bahwa suhu di kedalaman adalah sebesar 214° C. Suhu tersebut merupakan suhu reservoir berentalpi sedang (*medium enthalphy*).

**Hg tanah dan CO<sub>2</sub> udara tanah**, Konsentrasi Hg tanah menunjukkan nilai antara 85-1345 ppb, *background* 660 ppb. Konsentrasi Hg yang signifikan adalah > 600 ppb, sebarannya berada di selatan jauh dari munculan air panas (Gambarr 7). Luas anomali Hg yang diperkirakan berhubungan dengan fluida panas bumi ± 2 km<sup>2</sup>.

Konsentrasi CO<sub>2</sub> udara tanah menunjukkan nilai antara 0.09 % dan 16,24 %, dengan nilai *background* 5,10 %. Kontur CO<sub>2</sub> > 5 %, membentuk klosur pola arah baratdaya-timurlaut dan barat laut-tenggara, searah struktur geologi (Gambarr 7). Luas daerah anomali CO<sub>2</sub> diasumsikan ± 2 km<sup>2</sup>.

## GEOFISIKA

**Geo-magnet**, peta anomali total menunjukkan ada 6 sesar berpola hampir utara-selatan dan barat laut-tenggara. Interpretasi menunjukkan bahwa air panas Kanan Tedong dan Pamandian muncul pada perpotongan sesar Baluase arah hampir utara-

selatan dan sesar Kula - Balakala arah baratlaut-tenggara.

Anomali tinggi ( $> 50$  gamma), membentuk kutub negatif dan positif di tengah, baratlaut, timurlaut, utara dan selatan. Ditafsirkan bersifat magnetik sedang-tinggi berupa intrusi granit, granodiorit dan andesit.

Nilai sedang (0-50 gamma), berada di tengah, baratlaut, selatan dan timurlaut. Ditafsirkan bersifat magnetik rendah-sedang, berupa granit lapuk dan sedimen.

Nilai rendah ( $< 0$  gamma), membentuk kutub di bagian tengah, utara, baratlaut dan selatan. Ditafsirkan bersifat non-magnetik, berupa granit atau sedimen yang melapuk kuat/demagnetisasi akibat air panas Kanan Tedong (Gambarr 9).

**Anomali Gaya Berat**, hasil representatif adalah berupa peta anomali sisa/residual yang menggambarkan respon dari batuan dangkal. Berdasarkan kontras kontur, secara kualitatif diinterpretasikan sebagai patahan. Pada peta anomali sisa menunjukkan bahwa lineasi kontur cenderung berpola tenggara-baratlaut. Dengan anomali dikelompokkan menjadi 4 harga. Anomali rendah  $< -5$  mgal menyebar di timurlaut dan tenggara, anomali sedang -5 s/d 0 mgal dan 0 s/d 5 mgal berada di timur dan anomali tinggi  $> 5$  mgal menempati bagian tengah dan utara (Gambarr 10).

**Geolistrik**, anomali tahanan jenis semu bentangan  $AB/2 = 1000$  m berpola mirip dengan kontur  $AB/2 = 750$  m. Kontur semu 1000 Ohm-m sebarannya lebih luas dibandingkan bentangan 750 m. Kontur semu 500-1000 Ohm-m sebarannya mengikuti tahanan jenis semu  $> 1000$  Ohm-m dengan pola membuka ke timurlaut dan baratdaya. Di bagian tengah daerah ada 2 kontur tertutup  $< 600$  Ohm-m dan  $> 700$  Ohm-m, yaitu diantara titik B-4000, C-4500, -5000 dan -5500 serta D-6000.. Umumnya kerapatan kontur ada di tengah, diantara tahanan jenis semu 300 - 600 Ohm-m. Kontur semu 200-500 Ohm-m berpola memanjang dengan arah baratdaya-timurlaut (Gambarr 11).

#### DISKUSI

Prakiraan/estimasi potensi cadangan terduga berdasar formula standar, adalah:

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

Cadangan terduga adalah:

$$Q = 0.11585 \times 3 \times (180-120) \text{ Mwe} \\ = 12 \text{ Mwe.}$$

Sumber panas pada lingkungan granit Kanan Tedong (Pincara) berasal dari batolit granitik Simbolong (Tpgs), dan dari retas-retas berupa intrusi dari batuan yang berumur lebih muda.

#### KESIMPULAN

Daerah prospek terletak diantara sesar Baluase dan sesar Balakala seluas  $\pm 3$  Km<sup>2</sup>. Estimasi suhu di kedalaman adalah 214<sup>o</sup> C, tidak terditeksi adanya zona konduktif. Poket reservoir berada di kedalaman  $> - 600$  m, dengan potensi cadangan terduga 12 Mwe.

Akumulasi fluida panas di dalam mengindikasikan bahwa fluida tersebut relatif bersifat netral-asam berentalphy sedang. Diperkirakan terdapat batuan alterasi di sekitar poket reservoir. Fluida panas di zona reservoir diduga bersistem 2 fase (uap dan air panas), dengan fase airpanas lebih dominan dibandingkan fase uap.

#### REKOMENDASI

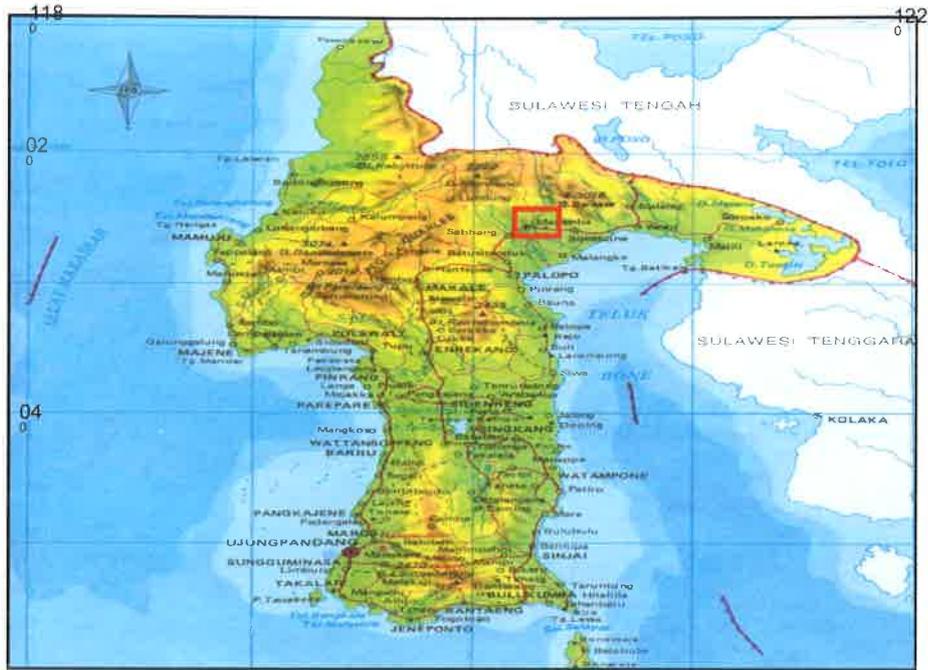
Adanya potensi cadangan 12 Mwe yang bersistem fluida up-flow dan estimasi suhu di kedalaman 214<sup>o</sup> C perlu ditindak lanjuti oleh pemboran landaian suhu/ LS sedalam 250 m ( ? ) atau bor eksplorasi atau bor produksi sedalam  $> - 600$  sampai - 1000 m untuk mendapatkan fluida panas melalui sumur tersebut agar bisa dimanfaatkan untuk diekstraksi menjadi uap panas bagi tenaga listrik bagi komoditas Kabupaten Luwu Utara.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

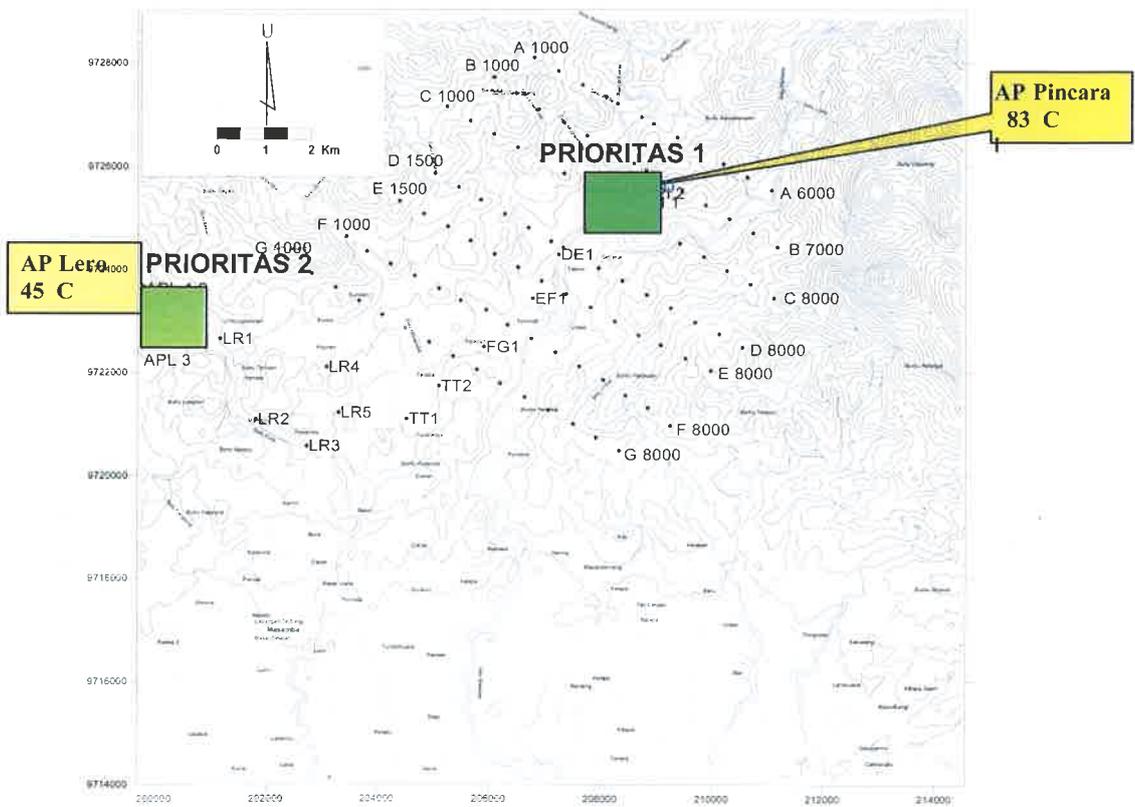
Ucapan terimakasih untuk institusi Pusat Sumber Daya Geologi (PMG) yang mengijinkan dipakainya data, dan juga terhadap bantuan selama di lapangan dari masyarakat Kecamatan Masamba, sehingga makalah ini berwujud.

#### ACUAN

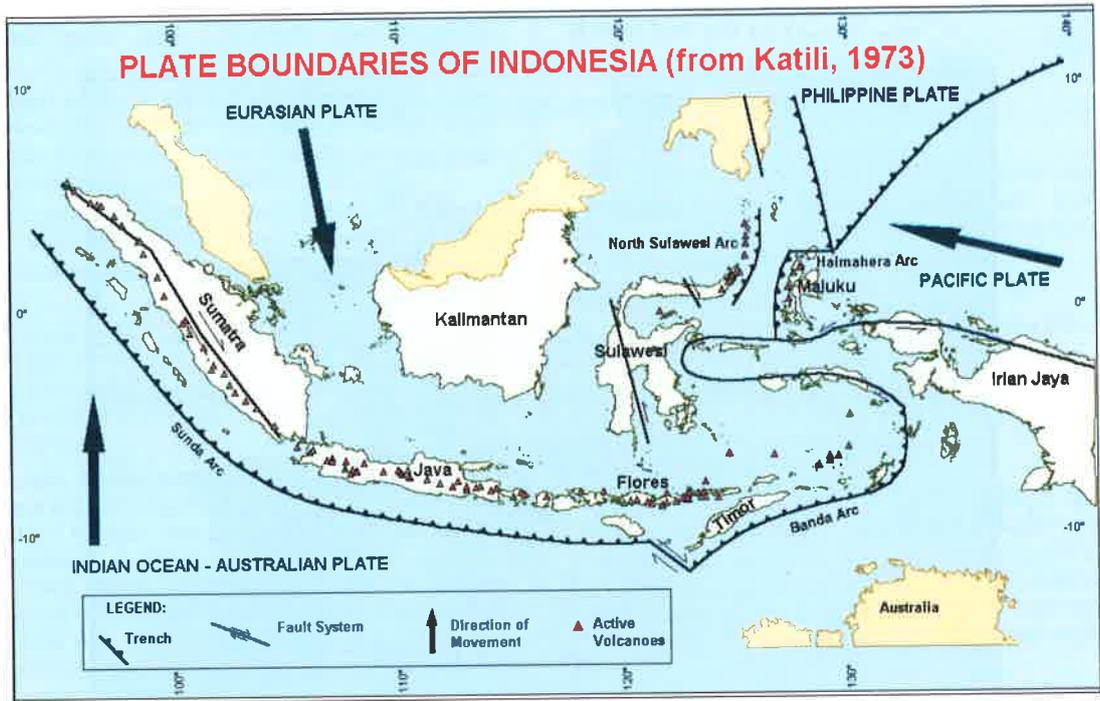
- Bemmelen, van R.W., 1949; *The Geology of Indonesia*. Vol. I A.732 p. Government Printing Office. The Hague. Netherlands.
- Breiner.S. 1973: *Application Manual for Portable Magnetometers*.
- DIM, 2004; Penyelidikan geologi, geokimia dan geofisika di daerah Pincara, Kecamatan Masamba, Kabupaten Luwu Utara, Sulsel
- Fournier, R.O., 1981;. *Application of Water Geochemistry Geothermal Exploration and Reservoir Engineering*, "Geothermal System: Principles and Case Histories". John Willey & Sons. New York.
- Giggenbach, W.F., 1988; *Geothermal Solute Equilibria Deviation of Na-K-Mg - Ca Geo- Indicators*. *Geochemica Acta* 52. pp. 2749 - 2765.
- Herry Sundhoro, 2004: *Laporan Geologi Daerah Panas Bumi Pincara - Masamba, Luwu Utara, Sulsel (unpublish report, perpus PMG)*
- Mahon K., Ellis, A.J., 1977; *Chemistry and Geothermal System*. Academic Press Inc. Orlando.
- Telford and Sheriff, 1990; *Applied Geophysics*, Cambridge University.
- Saiful Bachri, dkk, 1975; *Laporan Inventarisasi kenampakan panas bumi di wilayah Kecamatan Limbong, Sabbang dan Masamba, Kabupaten Luwu Utara, Sulawesi Selatan*.



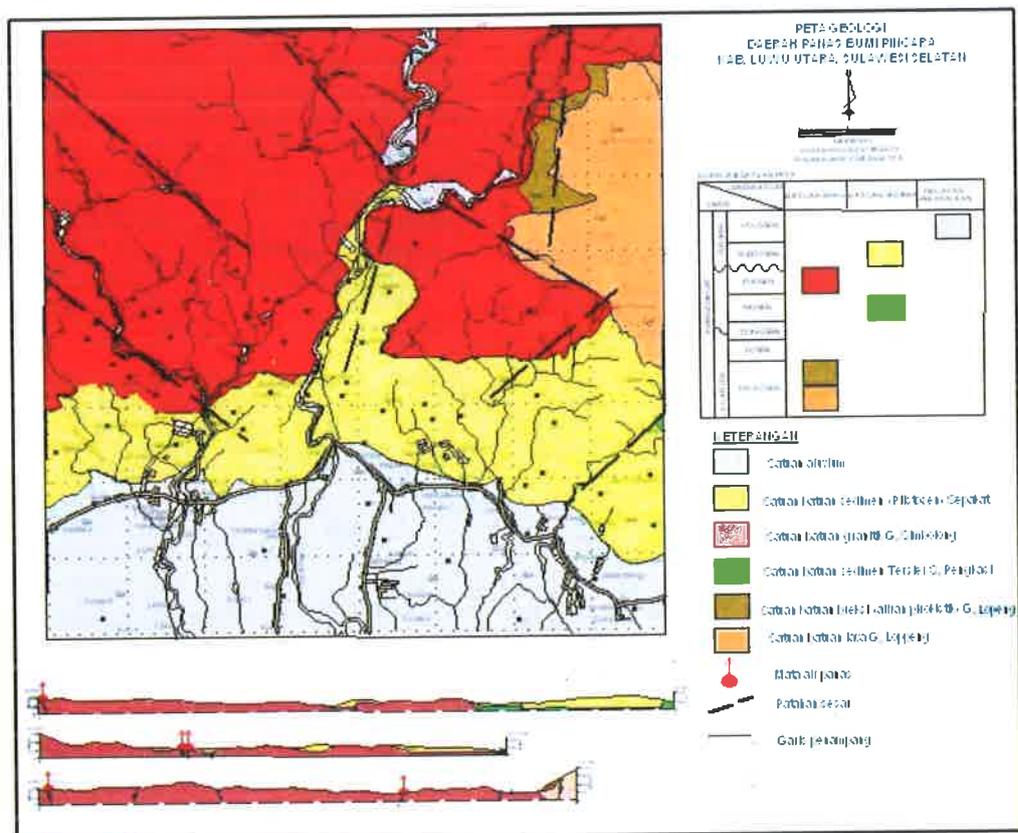
Gambar 1. Lokasi daerah penelitian



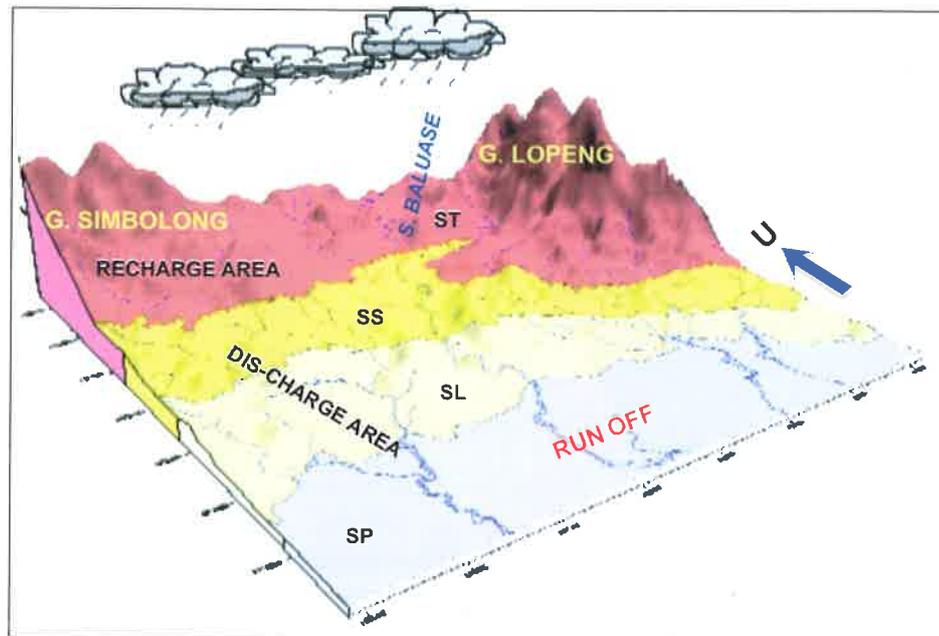
Gambar 2. Lokasi mataair panas



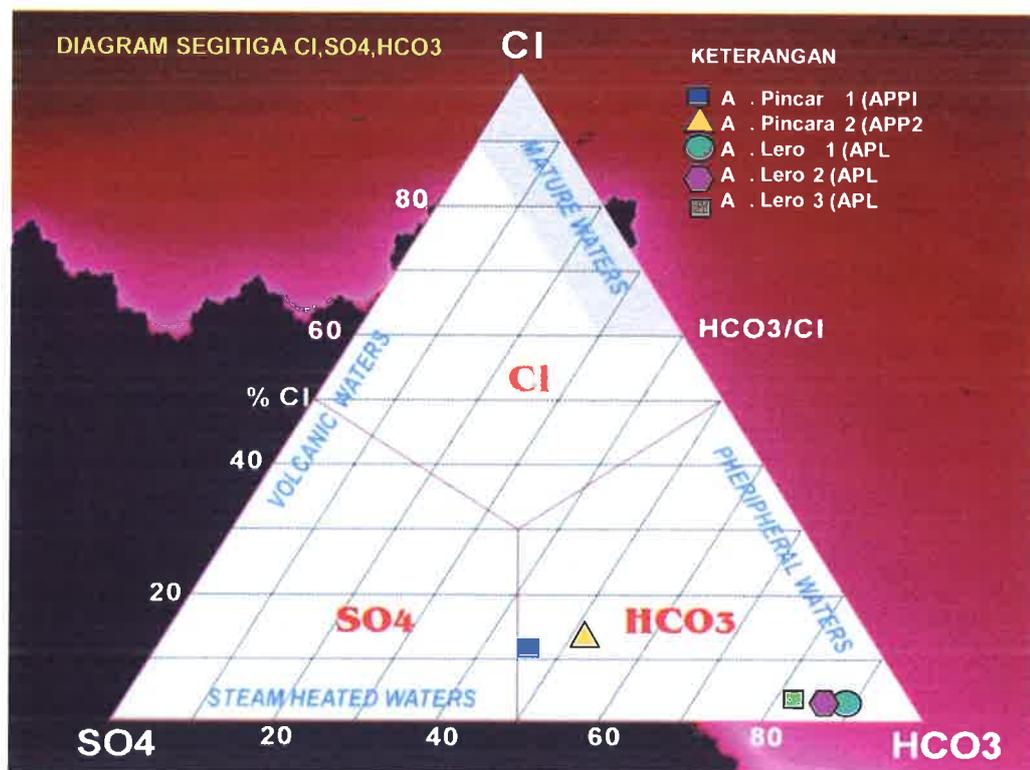
Gambar 3. Tektonik dan jalur gunungapi (volcanic belt) di Indonesia (Katili, 1973)



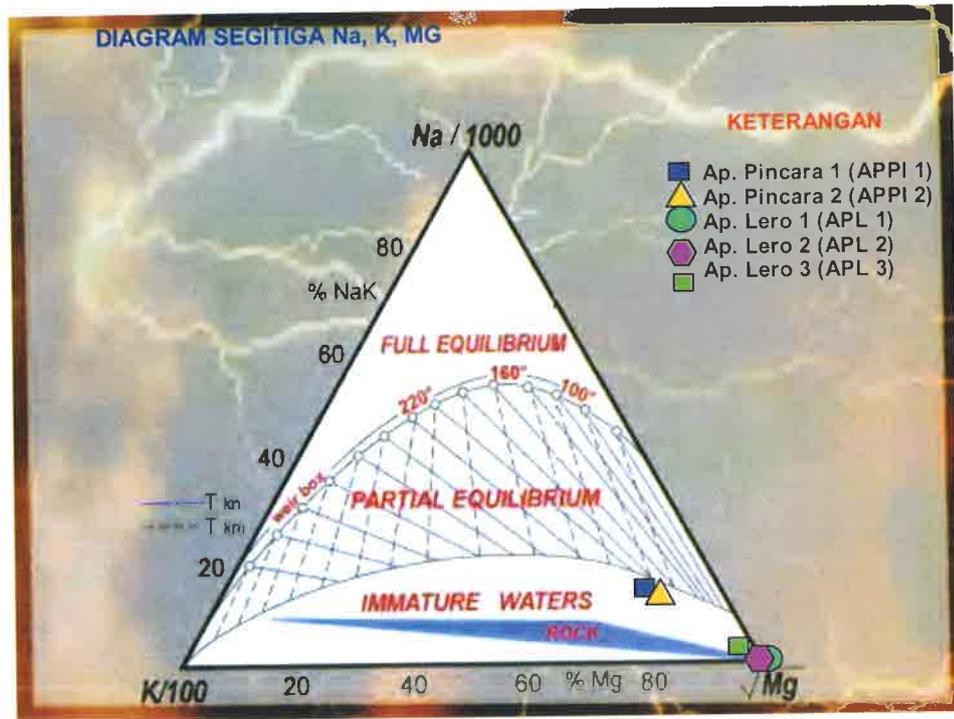
Gambar 4. Peta geologi



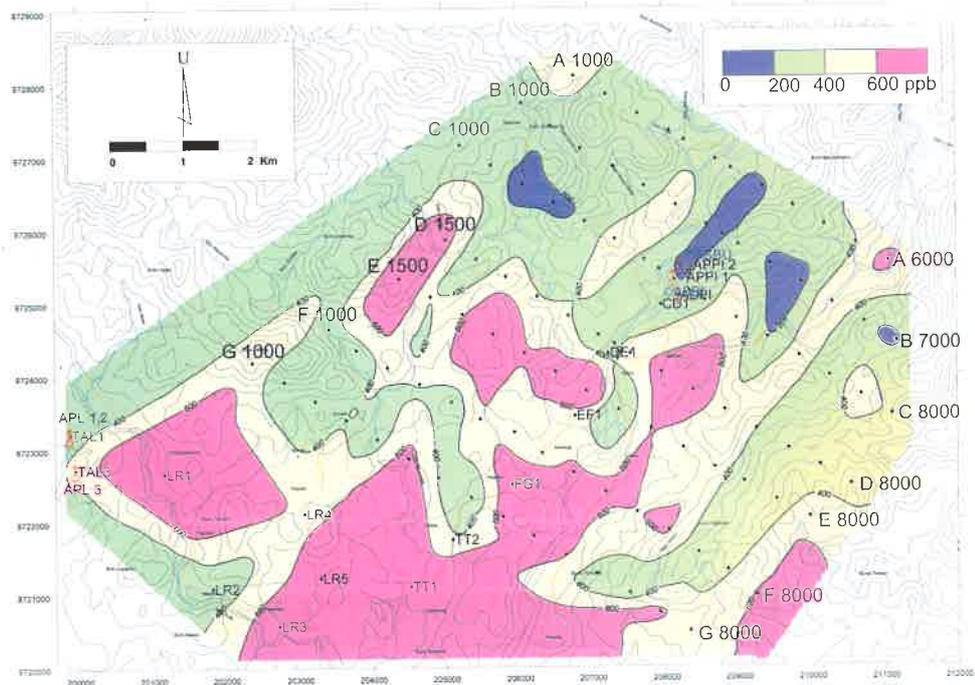
Gambar 5. Peta wilayah airtanah



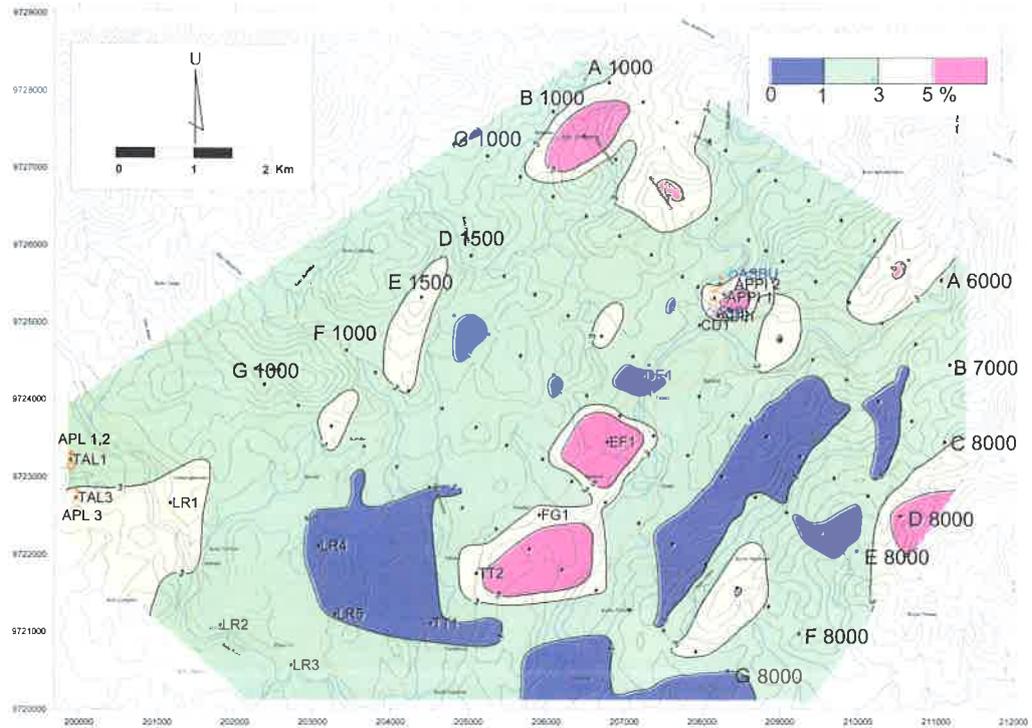
Gambar 6 A. Tipe airpanas



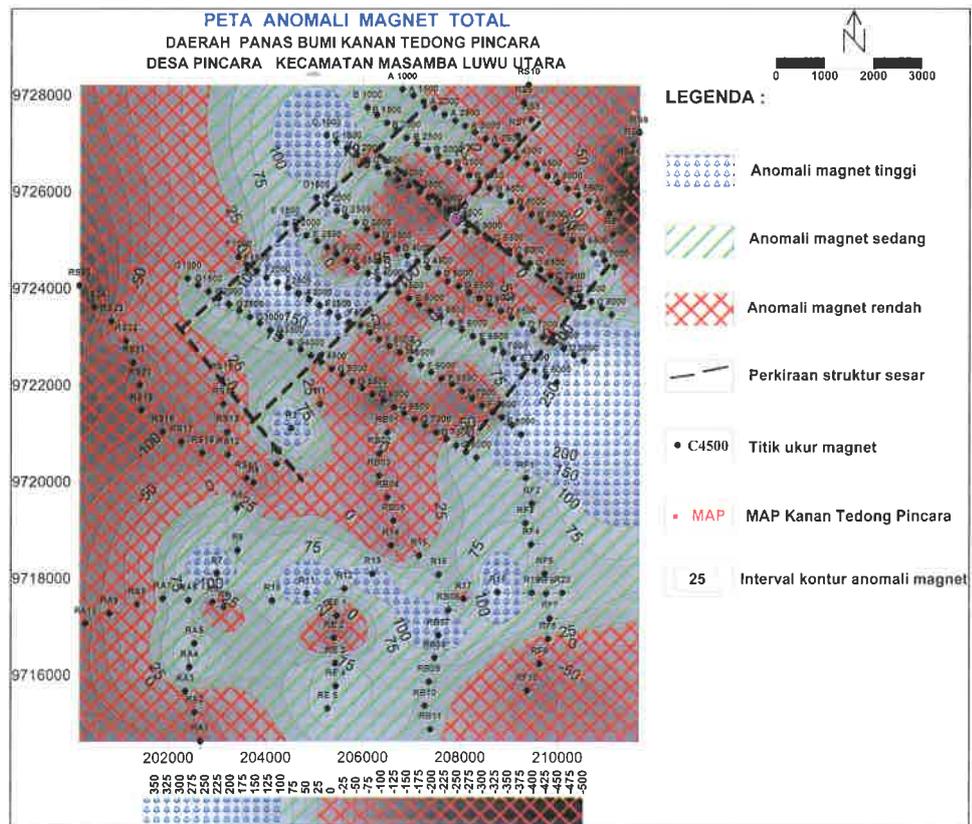
Gambar 6 B. Kandungan relatif Na/1000, K/100, VMg



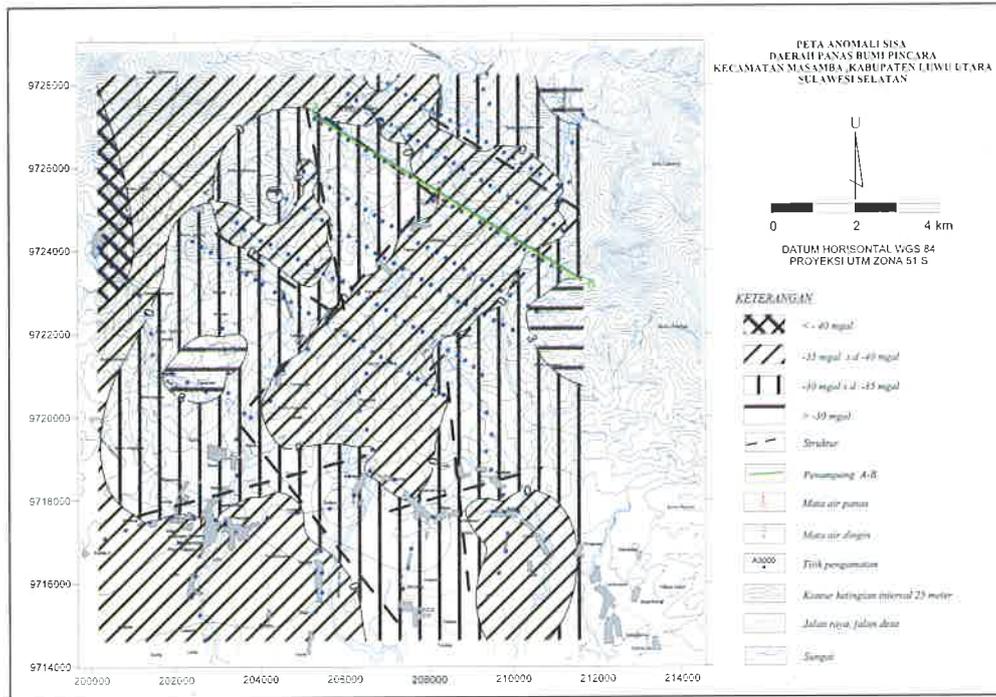
Gambar 7. Distribusi Hg tanah



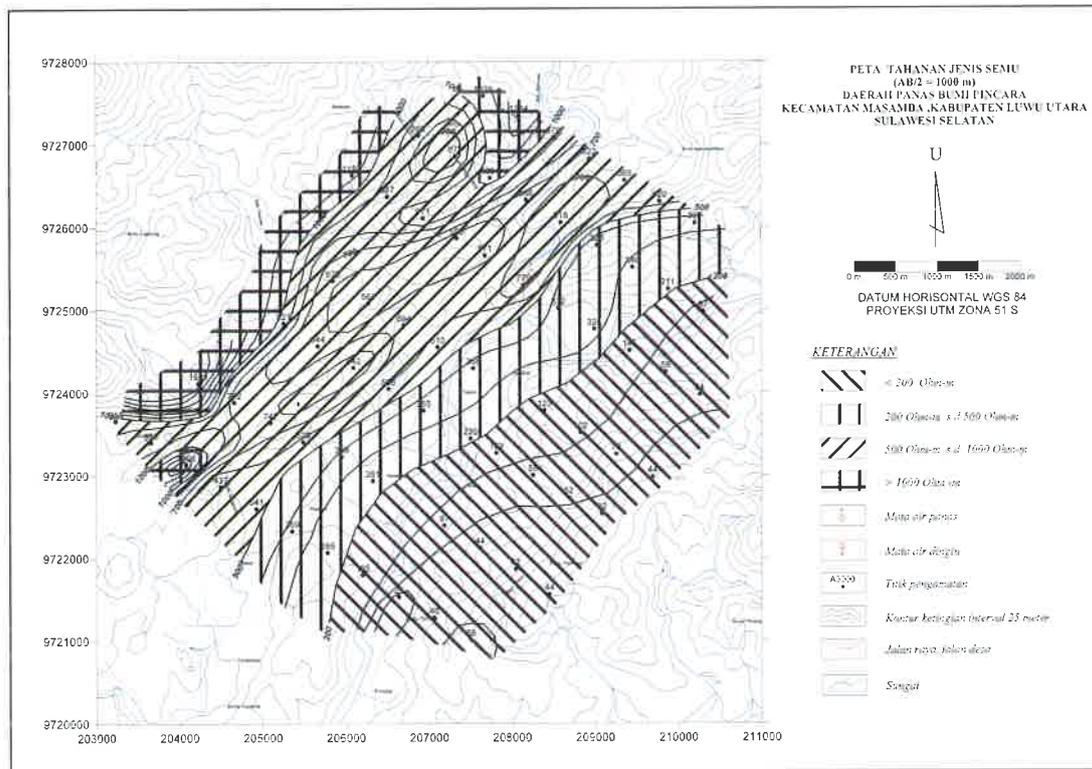
Gambar 8. Distribusi CO<sub>2</sub> udara tanah



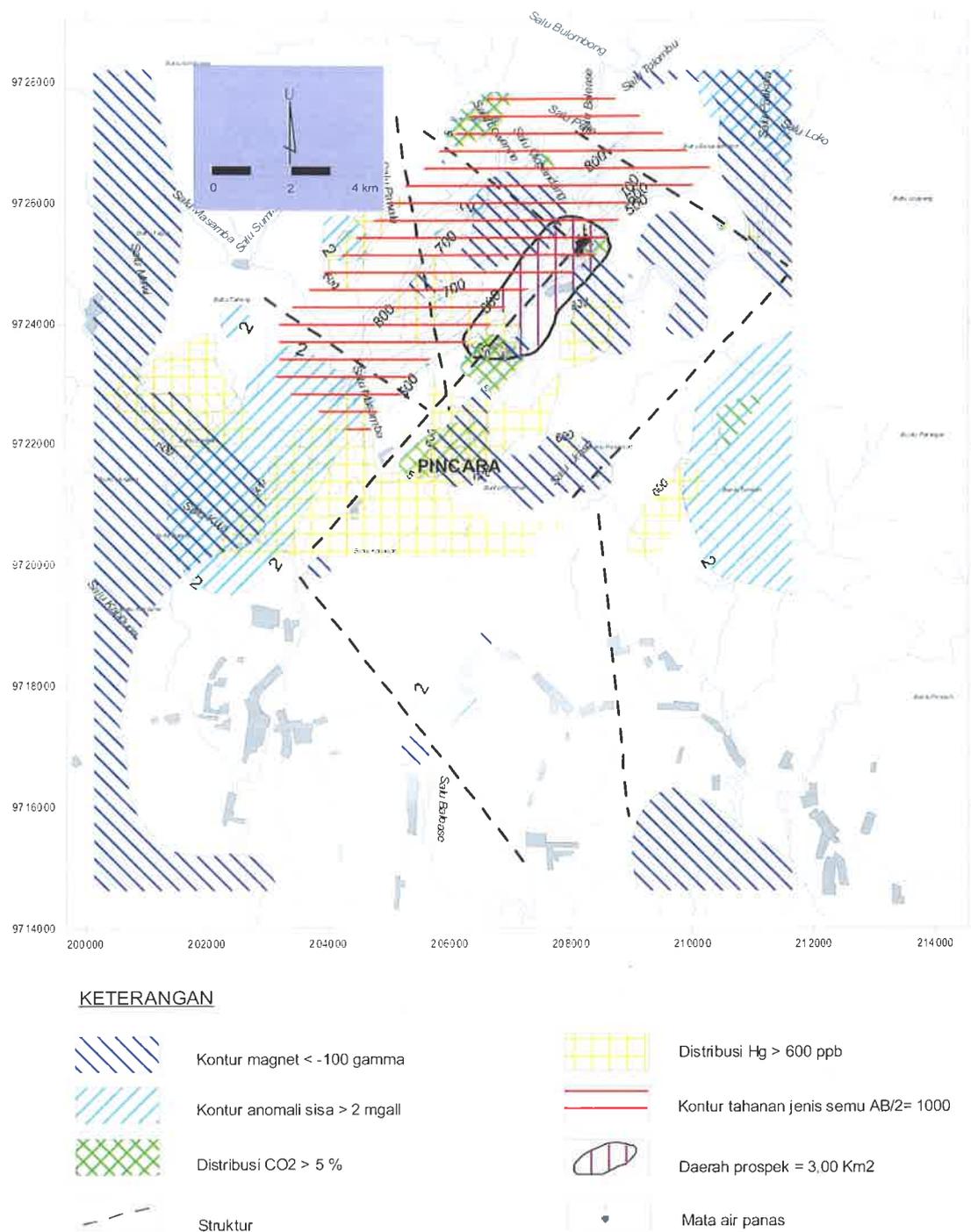
Gambar 9. Peta anomali magnet total



Gambar 10. Peta anomali gaya berat sisa (residual)



Gambar 11. Peta iso tahanan jenis/ resistivity  $AB/2= 1000 \text{ m}$



Gambar 12.  
 Daerah Prospek hasil kompilasi struktur geologi, anomali Hg & CO<sub>2</sub>, gaya berat. sisa (residual), magnet dan tahanan jenis AB/2 = 1000 m m,

## SPESIFIKASI BASIS DATA SERTA PETA SUMBER DAYA GEOLOGI

Oleh :  
Rita Susilawati

Bidang Informasi, Pusat Sumber Daya Geologi

### SARI

Pusat Sumber Daya Geologi, sebagai instansi yang mempunyai wewenang menjadi walidata sumberdaya geologi Indonesia, berusaha membangun basis data sumberdaya geologi nasional yang lengkap dengan memanfaatkan teknologi terkini. Dengan adanya basis data tersebut diharapkan keberadaan sumberdaya geologi di Indonesia bisa tersosialisasikan dengan baik, sehingga pada akhirnya mampu memacu iklim investasi sub sektor pertambangan di Indonesia serta mendatangkan manfaat bagi peningkatan perekonomian bangsa.

Salah satu produk yang bisa dihasilkan oleh basis data sumber daya geologi adalah peta tematik potensi sumber daya geologi Indonesia. Peta tersebut memiliki karakteristik serta spesifikasi khusus baik standar acuan maupun istilah serta definisi yang dipergunakan, klasifikasi, kodifikasi, model data keterkaitan antara fitur dengan atribut serta pengelolaan basis datanya. Pemahaman terhadap spesifikasi basis data sumberdaya geologi serta peta tematik potensi sumberdaya geologi Indonesia diharapkan mampu membantu pengguna/masyarakat industri pertambangan dan energi untuk mendapatkan informasi komoditi yang diminati.

### ABSTRACT

*As one of the Indonesian institutions having authorized in data validation of geological resources, Center for Geological Resources (CGR) is trying to establish a comprehensive geological resources database by using high technology. It is expected that the existence of geological resources in Indonesia may then be well socialized which in turn can foster mining investment and business for the benefit of nation's economical interest.*

*One of the produced data by the geological resources database is thematic map of Indonesia's geological resources. It has a characteristic and specific behaviour either for standard or terminology references, applied definition, classification codification, related-data modelling between feature and attribute and the management of its database. The understanding towards geological resources database specification and thematic map of geological resources is expected to enable users or energy and mining industrial community to obtain desired information.*

### PENDAHULUAN

Indonesia memiliki kekayaan sumber daya alam yang melimpah. Salah satunya adalah sumber daya geologi berupa sumber daya mineral, batubara, bitumen padat, gambut serta panas bumi. Sebagai salah satu instansi pemerintah yang memiliki fungsi sebagai penyedia data dan informasi keberadaan sumber daya geologi di Indonesia, Pusat Sumber Daya Geologi berusaha untuk mensosialisasikan potensi sumber daya geologi Indonesia kepada masyarakat luas yang salah satunya dilakukan melalui pembuatan basis data sumber daya geologi.

Basis data sumber daya geologi pada hakekatnya adalah suatu sistem informasi yang dikelola secara sistematis untuk mengumpulkan, mengolah serta menyajikan data dan informasi yang dibutuhkan untuk mendukung pelaksanaan tugas-tugas Pusat Sumber Daya Geologi dan DESDM. Sistem tersebut juga didesain agar pelayanan data dan informasi kepada stake holder dapat dilakukan secara cepat, akurat serta mutakhir.

Kegiatan operasional dalam pengelolaan basis data sumber daya geologi meliputi pengumpulan data primer dan sekunder, evaluasi data dan informasi sumber daya geologi, serta pelayanan penyediaan data dan informasi sumber daya geologi. Keberadaan basis data sumber daya geologi diharapkan mampu meningkatkan iklim investasi di bidang pertambangan yang pada akhirnya akan berarti pada peningkatan perekonomian bangsa.

Salah satu produk yang bisa dihasilkan oleh sistem informasi basis data sumber daya geologi adalah *peta tematik potensi sumber daya geologi Indonesia*. Peta sumberdaya geologi adalah bentuk ungkapan data dan informasi sumberdaya geologi di suatu daerah atau wilayah dengan tingkat rincian

informasi sesuai skala. Peta tersebut memberikan informasi sebaran dan jenis serta potensi sumberdaya geologi dengan latar belakang data dan informasi geologi serta disajikan berupa gambar dengan warna, simbol, huruf dan angka atau gabungan keempatnya. Penjelasan berupa informasi yang lebih rinci diterangkan dalam bentuk keterangan yang biasanya dalam bentuk tabulasi. Peta sumberdaya geologi disusun berdasarkan hasil pemetaan lapangan sumberdaya mineral, batubara, gambut dan panas bumi yang dilakukan oleh Pusat Sumber Daya Geologi dan hasil kompilasi data dari perusahaan-perusahaan pertambangan yang ada di Indonesia serta publikasi ilmiah.

Peta tematik sumber daya alam yang dihasilkan dari basis data sumberdaya geologi diantaranya adalah: *peta sebaran formasi pembawa batubara, peta lokasi keterdapatan batubara, peta sebaran kualitas batubara, peta sebaran mineral logam, peta sebaran mineral non logam, peta batuan pembawa mineral logam dan logam, peta sebaran lokasi panas bumi, peta geologi, geofisika dan geokimia wilayah yang memiliki potensi panas bumi serta peta wilayah kontrak pertambangan mineral, batubara maupun panas bumi.*

### RUANG LINGKUP

Informasi yang disajikan dalam makalah ini difokuskan pada aspek penyusunan peta sumber daya geologi dalam sistem basis data yang dimiliki oleh Pusat Sumber Daya Geologi. Komponen yang akan dijelaskan meliputi standar acuan yang dipakai dalam pembuatan peta sumber daya geologi, istilah serta definisi yang dipergunakan, klasifikasi, kodifikasi, model data keterkaitan antara fitur dengan atribut serta pengelolaan basis datanya.

## STANDAR ACUAN

Pembuatan peta sumberdaya geologi khususnya untuk sumberdaya mineral, batubara dan gambut mengacu pada Standar Nasional Indonesia yang berlaku untuk penyusunan Peta Sumberdaya Mineral, Batubara dan Gambut. Peta dasar yang digunakan mengacu pada Peta Rupa Bumi Indonesia yang dikeluarkan oleh Bakosurtanal. Untuk data geologi, peta yang menjadi rujukan adalah Peta Dasar Geologi Indonesia yang dikeluarkan oleh Pusat Survey Geologi, Badan Geologi DESDM. Berikut rincian SNI yang dijadikan dasar acuan untuk pembuatan basis data sumberdaya geologi maupun peta sumberdaya geologi:

SNI 13-4688-1998	Penyusunan peta sumberdaya mineral, batubara dan gambut
SNI 13-4726-1998/Amand 1	1999 Klasifikasi sumberdaya mineral dan cadangan/Amandemen 1
SNI 19-6502.2-2000	Peta Rupabumi Indonesia skala 1:25.000
SNI 19-6502.3-2000	Peta Rupabumi Indonesia skala 1:50.000
SNI 19-6502.4-2000	Peta Rupabumi Indonesia skala 1:250.000
SNI 13-6606-2001	Tata cara umum penyusunan laporan eksplorasi bahan galian
SNI 13-6677-2002	Evaluasi laporan penyelidikan umum dan eksplorasi bahan galian
SNI 19-6724-2002	Jaring kontrol horizontal
SNI 19-6988-2004	Jaring kontrol vertikal dengan metode sipat datar

## ISTILAH DAN DEFINISI

Untuk meningkatkan pemahaman terhadap spesifikasi yang ada pada peta sumberdaya geologi Indonesia, dipandang perlu untuk menjelaskan beberapa istilah dan definisi yang terdapat dalam peta tematik sumberdaya geologi Indonesia. Beberapa diantaranya adalah :

**Sumber Daya Geologi** : Adalah akumulasi sumberdaya mineral logam dan non logam, batubara, gambut, bitumen padat, minyak, gas bumi dan panas bumi yang terdapat di kerak bumi, yang diharapkan dapat dimanfaatkan secara nyata dan dapat ditingkatkan statusnya menjadi cadangan setelah diselidiki lebih lanjut.

**Cadangan** : adalah sumberdaya yang telah nyata diketahui keberadaannya dan dimensinya yang bernilai ekonomis yang secara menguntungkan dapat dieksploitasi sesuai dengan teknologi dan kondisi ekonomi saat itu.

**Keterdapatn mineral (mineral occurrence)**: adalah indikasi adanya endapan mineral atau bongkah yang belum diketahui potensinya.

**Mineral logam** : adalah mineral yang dari padanya dapat diekstrak untuk dimanfaatkan unsur logamnya. Dalam hal ini mineral logam yang dimaksudkan adalah yang diharapkan bernilai ekonomi

**Logam Dasar** : logam yang umum terdapat dan secara kimiawi lebih aktif, contoh : tembaga (Cu), timbal (Pb), timah (Sn) dan seng (Zn).

**Logam Mulia** : logam yang secara ekonomis sangat berharga dan banyak dibutuhkan, contoh : emas (Au), perak (Ag) dan platina (Pt).

**Logam Jarang** : logam yang secara relatif ditemukan dalam jumlah sedikit dan tersebar di kulit bumi, contoh : litium (Li), yttrium (Y), zirkonium (Zr), logam tanah jarang (REE).

**Logam besi dan paduan besi** : logam yang lazim digunakan dalam industri dan campurannya, seperti : besi (Fe), kobal (Co), kromit (Cr), mangan (Mn).

**Mineral industri**: adalah kelompok komoditas mineral bukan logam dan batuan yang terdiri dari batugamping, dolomit, fosfat, kalsit, zeolit, gipsum, bentonit, datomea, barit, oker, yarosit, belerang, asbes, talk, mika, yodium. Bahan ini dipakai terutama sebagai bahan mentah dalam industri pupuk, kertas, plastik, cat, peternakan, pertanian, kosmetik, farmasi dan kimia.

**Bahan keramik** : adalah kelompok komoditas mineral bukan logam dan batuan yang terdiri dari lempung, toseki, pirofilit, felspar, kaolin, bondclay/ballclay, pasir kuarsa, batupasir kuarsa, perlit, batuan kalium-natrium, trakhit, magnesit, kuarsit. Bahan ini dipakai terutama sebagai bahan mentah dalam industri keramik refraktori, semen dan gelas.

**Bahan bangunan** : adalah kelompok batuan yang terdiri dari andesit, sirtu, tras, onik, marmar, diorit, granit, batupung, obsidian, basal. Bahan ini dipakai terutama sebagai bahan mentah dalam industri bahan bangunan dan ornamen.

**Batumulia dan batuhias** : adalah kelompok komoditas mineral dan batuan yang terdiri dari kalsedon, chert, kristal kuarsa, opal, jasper, krisopras, kayu terkarsikan/koral terkarsikan, garnet, giok, agat, intan, zirkon dan topaz. Bahan ini dipakai terutama dalam industri perhiasan dan kerajinan.

**Formasi pembawa batubara** : suatu kelompok batuan pembawa batubara yang spesifik terdapat dalam suatu daerah.

**Batubara** : batuan sedimen yang terbentuk dari hasil pengawetan sisa-sisa tanaman purba dan menjadi padat setelah tertimbun oleh lapisan batuan di atasnya, sehingga mengakibatkan pengkayaan kandungan karbon yang dapat terbakar.

**Gambut** : adalah peringkat batubara paling muda yang belum mengalami proses pembatubaraan.

**Basis data** : adalah kumpulan data terstruktur dan terhubung yang digunakan secara bersamaan untuk aplikasi yang disimpan dan dikelola dalam satu wadah

**Data Spasial (geospasial)** : adalah data yang posisinya mengacu pada system koordinat bumi

**Atribut Data** : adalah data tekstual berupa tabulasi yang berfungsi mendeskripsikan data spasial.

**Fitur** : adalah Tampilan dari suatu data spasial pada peta.

**Layer** : adalah Fitur yang mempunyai tema tertentu.

**KLASIFIKASI DATA**

Secara umum peta sumberdaya geologi dapat diklasifikasikan kedalam peta tematik berdasarkan kelompok komoditasnya yaitu :

1. sumberdaya mineral logam
2. sumberdaya mineral non logam
3. sumberdaya batubara dan gambut
4. sumberdaya bitumen padat
5. sumberdaya panas bumi.

Lebih spesifik, peta tematik kelompok juga dapat diklasifikasikan kedalam peta tematik perkomoditi, contohnya :

1. Kelompok logam : peta sumberdaya logam dasar, logam mulia, logam besi/ paduan besi serta peta sumberdaya logam ringan dan logam langka.
2. Kelompok non logam : peta sumberdaya mineral industri, bahan bangunan, bahan keramik dan peta sumberdaya batu mulia.

**SPEKIFIKASI**

**Georeferensi**

Sistem georeferensi yang digunakan mengacu kepada SNI 19-6724-2002 dan SNI 19-6988-2004, yaitu dengan menggunakan Datum Geodesi Nasional 1995 (DGN-1995 dengan parameter *spheroid*: a = 6.378.137,0 meter, b = 1/298,257223563. DGN-1995 ini menggunakan *ellipsoid World Geodetic System 1984 (WGS'84)*.

**Pembagian Sistem Grid**

Sistem grid untuk penyajian basis data sumber daya geologi mengacu kepada SNI 19-6502.2-2000, SNI 19-6502.3-2000, dan SNI 19-6502.4-2000 yang menggunakan grid geografi dan UTM (*Universal Transverse Mercator*). Pada skala 1:250.000, batas grid berukuran 1° 30' x 1°, pada skala 1: 50.000, batas grid berukuran 15' x 15', sedangkan batas grid pada skala 1: 25.000 adalah 7'30" x 7'30". Baik pada skala 1: 50.000 maupun 1: 25.000, sistem penomoran peta mengacu pada skala 1: 250.000.

**Penamaan File**

Penamaan *file* data sumber daya geologi yang disusun berdasarkan peta sistematis mengikuti sistem penamaan peta Rupabumi atau kode wilayah administrasi dengan menambahkan kode tertentu didepannya sesuai komoditinya masing-masing.

Sebagai contoh, file **ML 120934** adalah penamaan untuk salah satu file data sumberdaya mineral logam yang mengambil acuan pada sistem penamaan peta Rupabumi. **ML** adalah kode tema mineral logam dan **120934** adalah nomor peta skala 1: 50.000. Contoh lainnya file **ML 5102** menunjukkan penamaan salah satu file data sumberdaya mineral logam yang mengacu pada sistem penamaan kode wilayah administrasi. Dalam hal ini **ML** adalah Kode tema mineral logam dan **5102** adalah kode wilayah Kabupaten Tabanan, Bali. Sedangkan penamaan *file* data sumber daya geologi yang disusun berdasarkan peta tidak sistematis, dibuat disesuaikan dengan kebutuhan.

**STRUKTUR DAN FORMAT DATA**

**Data Spasial**

Data spasial berupa fitur dalam basis data sumberdaya geologi mengacu pada lokasi keterdapatan sumberdaya geologi. Data fitur bisa meliputi wilayah (poligon) seperti wilayah kuasa pertambangan atau perjanjian kontrak karya pertambangan ataupun berupa point (titik) termasuk diantaranya titik/lubang bor, arah jurus kemiringan lapisan batuan, keterdapatan urat/bijih dsb. Data fitur lainnya adalah fitur yang terdapat dalam peta dasar RBI seperti garis kontur, jaringan sungai, jaringan jalan, toponimi, dan batas administrasi.

Organisasi fitur basis data sumber daya geologi dikelompokkan menjadi layer dasar dan layer tematik. Layer dasar meliputi garis kontur, toponimi, garis pantai, dan batas administrasi. Sedangkan layer tematik meliputi sebaran kelompok komoditi, sebaran komoditi, sebaran batuan pembawa maupun sebaran kualitas. Sebagai contoh dalam lampiran 4 disajikan organisasi fitur untuk basis data sumber daya mineral logam. Format data disajikan dalam format berbasis sistem informasi geografis (SIG).

**Atribut Data**

Atribut data dalam peta sumber daya geologi dibuat dalam bentuk tabel. Tabel tersebut secara garis besar berisi informasi mengenai lokasi provinsi/kabupaten, sumberdaya serta kualitas dari masing-masing kelompok komoditi atau komoditi (Gambar 1).

Tabel 1. Kodifikasi fitur dalam basis data sumberdaya geologi (SNI, 13-4688-1998)

KELOMPOK	WARNA	KODE
<b>Kelompok komoditas bahan galian logam</b>		
Logam dasar	Biru	OOX
Logam mulia	Kuning	XOO
Logam besi dan paduan besi	Hijau	XOX
Logam ringan dan logam langka	Merah	OXO
<b>Kelompok komoditas bahan galian industri dan batuan</b>		
Mineral industri	Hijau	XIX
Bahan keramik	Biru	IOX
Bahan bangunan	Merah	IXO
Batu mulia	Kuning	700
<b>Kelompok batuan pembawa batubara</b>		
Tanah bergambut	Hijau	XO7
Neogen	Kuning	XOO
Paleogen	Coklat	X75
Pra-Tersier	Ungu	377

Tabel 2. Kodifikasi untuk kelompok batuan pembawa batubara dalam basis data sumberdaya geologi  
(SNI, 13-4688-1998)

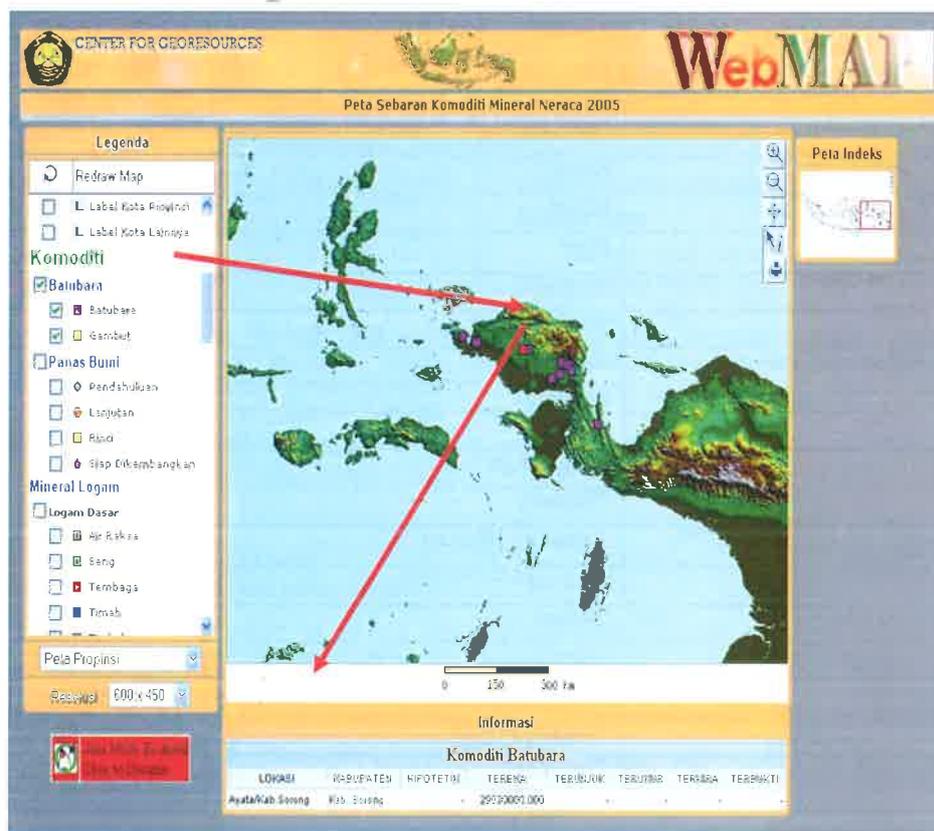
Kelompok	Warna	Kode
Tanah bergambut	hijau	X07
Neogen	kuning	X00
Paleogen	coklat	X75
Pra-Tersier	ungu	377

Tabel 3. Rincian unsur sumber daya mineral logam (SNI 13-4688-1998)

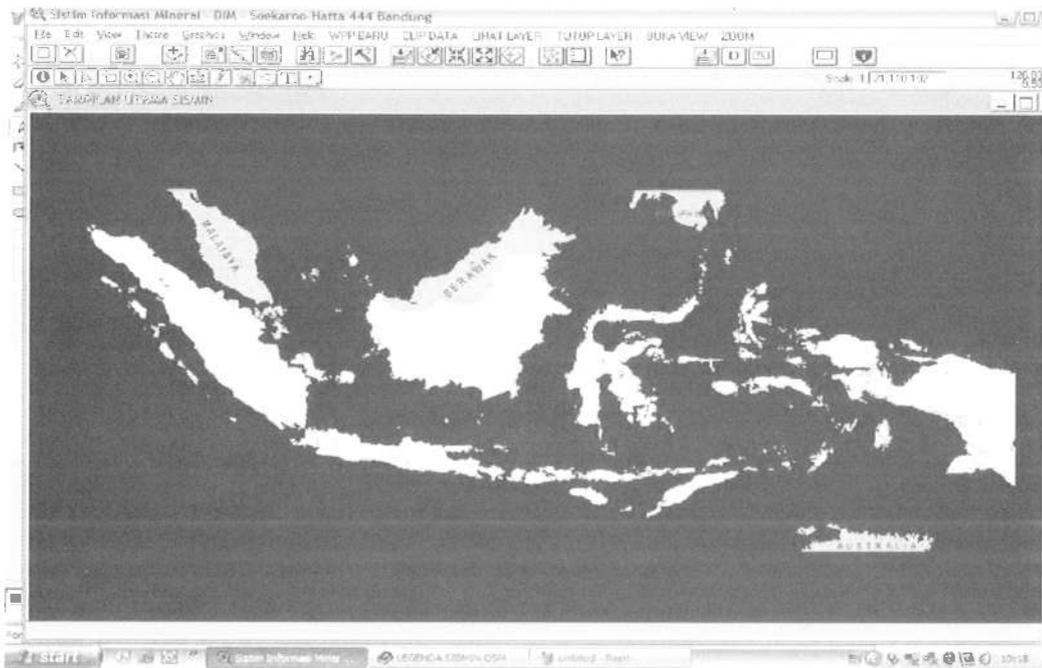
Golongan	Nama Logam	Symbol Logam
Logam Mulia	Emas	Au
	Perak	Ag
	Kelompok Platina	Pt
Logam Dasar	Tembaga	Cu
	Timbal	Pb
	Seng	Zn
	Antimon	Sb
	Bismut	Bi
	Air Raksa	Hg
	Timah	Sn
	Logam Besi dan Paduan Besi	Besi
Mangan		Mn
Molibden		Mo
Krom		Cr
Kobal		Co
Nikel		Ni
Wolfram		W
Vanadium		V
Logam Ringan dan Langka	Alumunium	Al
	Berrilium	Be
	Litium	Li
	Magnesium	Mg
	Titanium	Ti
	Tantalum-niobium	Ta-Nb
	Kadmium	Cd
	Galium	Ga
	Indium	In
	Ytrium	Y
	Torium	Th
	Zirkonium	Zr
Uranium	U	
	Logam tanah jarang	REE

Tabel 4. Contoh Kodifikasi yang dipergunakan untuk Provinsi, Kabupaten dan Kota di Indonesia (BPS 2004)

Kode	Provinsi/Kabupaten/Kota
<b>1100</b>	<b>Prov. Nanggroe Aceh Darussalam</b>
1101	Kab. Simeulue
1102	Kab. Aceh Singkil
1103	Kab. Aceh Selatan
<b>1200</b>	<b>Prov. Sumatera Utara</b>
1201	Kab. Nias
1202	Kab. Mandailing Natal
1203	Kab. Tapanuli Selatan
<b>1300</b>	<b>Prov. Sumatera Barat</b>
1301	Kab. Kepulauan Mentawai
1302	Kab. Pesisir Selatan
1303	Kab. Solok

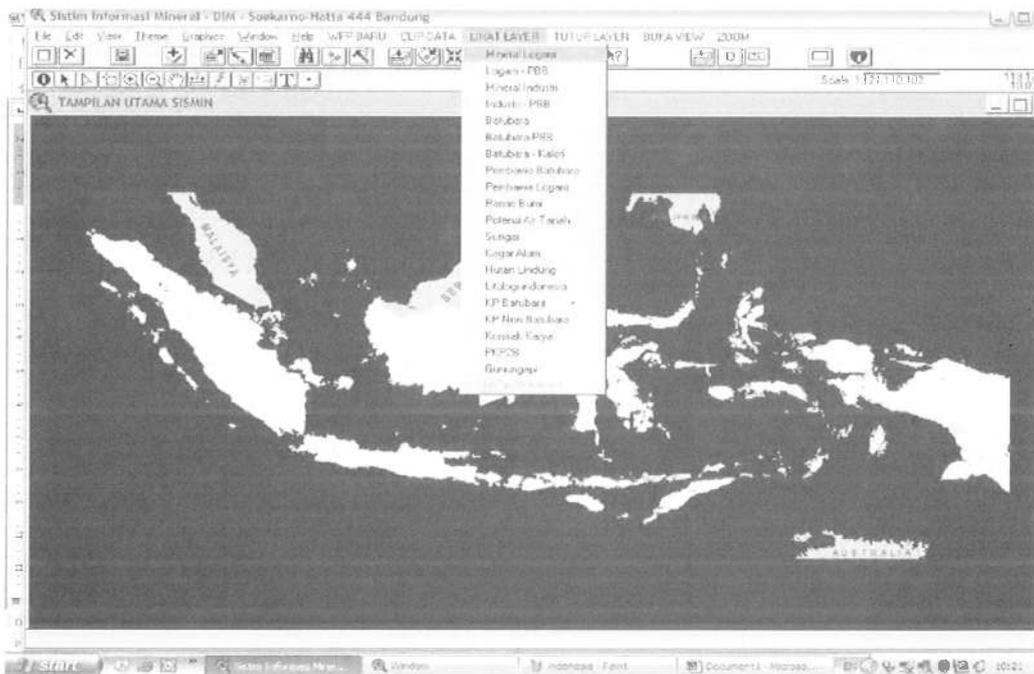


Gambar 1. Contoh Hubungan antara fitur dengan atribut dalam peta potensi sumber daya geologi berbasis web



Gambar 2

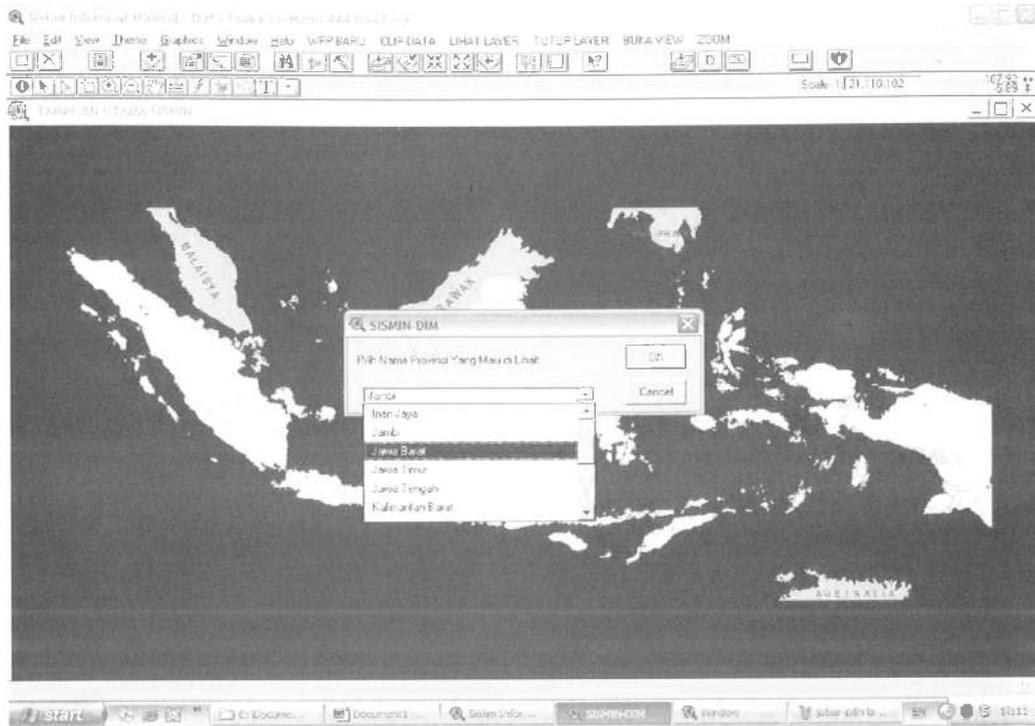
Tampilan untuk mencari data dan informasi ketersediaan sumberdaya geologi di Indonesia, langkah pertama yang harus dilakukan, buka program Arc View, pilih aplikasi program, terlihat tampilan peta Indonesia



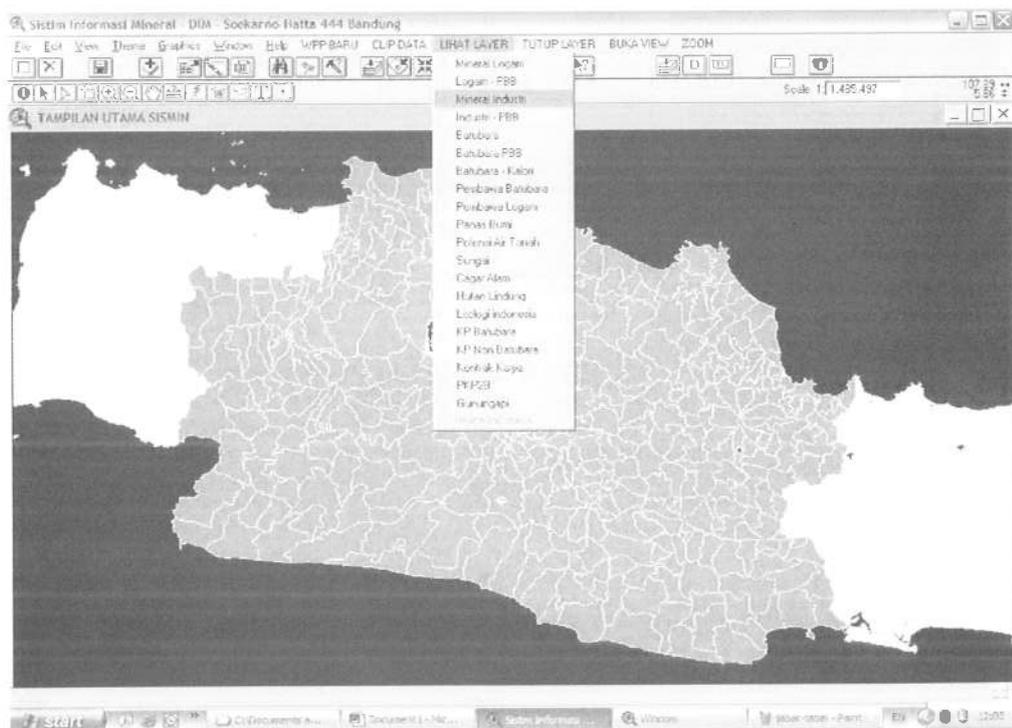
Gambar 3

Tampilan untuk memilih sebaran kelompok komoditi yang diminati, langkah yang harus diambil adalah memilih menu lihat layer (contoh: memilih layer mineral logam)





Gambar 6  
Tampilan Keluaran setelah memilih menu buka view propinsi adalah tabel daftar provinsi di Indonesia. Pilih provinsi yang diinginkan (Contoh : memilih provinsi Jawa Barat)



Gambar 7  
Tampilan Untuk mengetahui potensi kelompok komoditi tertentu di Jawa Barat, buka menu lihat layer, akan muncul tampilan pilihan berbagai layer informasi. Pilih komoditi yang ingin diketahui data dan informasinya (Contoh: memilih layer mineral industri)



### Kodifikasi Fitur

Fitur dalam peta sumberdaya geologi mengacu pada lokasi keterdapatan sumberdaya geologi. Data bisa meliputi wilayah (poligon) seperti wilayah kuasa pertambangan atau perjanjian kontrak karya pertambangan, ataupun berupa point (titik) termasuk diantaranya titik/lubang bor, arah jurus kemiringan lapisan batuan, keterdapatan urat/bijih, daerah timbunan dsb.

Fitur dalam basis data sumber daya geologi bisa juga berupa lambang yang merupakan tanda yang dipakai untuk menggambarkan sesuatu pada peta sumberdaya geologi berupa singkatan huruf, angka, warna dan simbol atau gabungannya. Angka digunakan untuk menyatakan nomor lokasi, kualitas dan kuantitas endapan bahan galian. Contoh kodifikasi yang digunakan dalam basis data sumberdaya geologi ditunjukkan pada tabel 1, 2 dan 3.

Untuk wilayah, kodifikasi yang dipergunakan dalam basis data sumberdaya geologi mengacu pada Kode Provinsi, Kabupaten dan Kota di Indonesia yang dikeluarkan oleh Biro Pusat Statistik (Tabel 4).

### MODEL PENGELOLAAN ATRIBUT DATA

Basis data sumber daya geologi memiliki beberapa tabel yang berhubungan secara relasional antara data spasial dengan atribut datanya dengan memperhatikan kunci utama (*primary key*) dari tiap tabel pada atribut data. Kunci utamanya adalah field ID\_Gab yang merupakan gabungan dari kombinasi beberapa *field* lainnya yaitu Rec\_ID, ID\_Lap, No\_Wil, dan Counter\_ttk. Isi *field-field* di atas dihasilkan secara otomatis oleh *server database* dan menjadi nilai unik (*unique key*) untuk setiap *record* (RSNI-56SM 41-2004).

Berikut, diberikan gambar-gambar yang menjelaskan contoh tahapan pencarian data dan informasi keberadaan sumberdaya geologi Indonesia dalam sistem basis data di unit pelayanan informasi teknis yang dimiliki oleh Bidang Informasi Pusat Sumber Daya Geologi.

### PENGELOLAAN DATA

Pengelolaan basis data sumberdaya geologi menggunakan format data SHP (shape file) dengan menggunakan sistem operasi Microsoft Windows. Untuk pelayanan informasi yang berhubungan dengan peta sumberdaya geologi, data disimpan dalam dua sistem server. Satu server digunakan untuk pelayanan peta cetak secara langsung serta satu server untuk pelayanan informasi peta berbasis web. Basis data yang disimpan dalam server bisa diakses baik melalui intranet maupun internet.

Untuk pelayanan informasi peta cetak secara langsung, sistem database yang digunakan adalah Microsoft Window Server 2003 dengan memanfaatkan sistem user interface Arc View GIS dan Microsoft Window. Sedangkan untuk penyediaan informasi peta melalui web, sistem database yang digunakan terbagi menjadi dua yaitu sistem database untuk web statis (peta-peta dalam format JPEG yang tampilannya tidak bisa berubah) dan sistem database untuk web dinamis (peta-peta dalam format Map Server yang tampilannya bisa berubah sesuai keinginan). Program database

yang digunakan untuk web statis adalah Access, dengan internet browser sebagai sistem user interfacenya. Untuk pengolahan web dinamis, database yang digunakan adalah Post GreSQL dan Map Server, juga dengan memanfaatkan sistem user interface internet browser.

Pada bab lampiran, dapat ditemukan tampilan-tampilan yang menjelaskan tahapan pencarian data dan informasi keberadaan sumberdaya geologi Indonesia dalam sistem basis data di unit pelayanan informasi teknis yang dimiliki oleh Pusat Sumber Daya Geologi.

### PENUTUP

Pusat Sumber Daya Geologi adalah instansi yang diberikan wewenang untuk menerbitkan peta potensi sumberdaya geologi Indonesia. Dalam hal ini peta sumberdaya geologi adalah merupakan produk walidata utama yang dihasilkan oleh Pusat Sumber Daya Geologi. Secara umum, Pusat Sumber Daya Geologi telah melakukan survey potensi sumberdaya geologi di hampir seluruh wilayah Indonesia, kecuali wilayah Indonesia bagian Timur.

Untuk kelompok batubara, hingga saat ini secara wilayah, Pusat Sumber Daya Geologi telah melakukan pemetaan potensi sumberdaya batubara di seluruh Indonesia. Hanya saja belum semua pemetaan yang dilakukan sampai pada tahapan penghitungan sumberdaya tereka. Sedangkan untuk sumberdaya mineral logam, pemetaan geokimia telah dilakukan di seluruh wilayah Sumatra dan Sulawesi hingga skala 1:50.000.

Untuk mendukung program pembangunan nasional khususnya dalam bidang pertambangan, Pusat Sumber Daya Geologi berusaha membangun Basis Data Sumberdaya Geologi nasional yang lengkap serta yang menerapkan teknologi mutakhir. Hingga saat ini survey-survey eksplorasi keberadaan sumberdaya geologi Indonesia masih terus dilakukan untuk menambah atau menyempurnakan data yang telah ada. Pemutakhiran basis data serta neraca sumberdaya geologi dilakukan tidak hanya dengan melakukan survey langsung tetapi juga melalui kompilasi data sekunder kegiatan eksplorasi yang dilakukan oleh perusahaan-perusahaan pertambangan di Indonesia.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Makalah ini telah dipresentasikan dalam forum temu karya Survey Sumber Daya Alam Darat Bakosurtanal di Hotel Le Meridien, Jakarta 25 Juli 2006. Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kepala Bidang Informasi yang memberikan banyak masukan untuk kesempurnaan makalah ini. Penghargaan juga disampaikan kepada rekan-rekan di Bidang Informasi, khususnya Ibu Hartati dan Pak Entcep Sudjana, atas bantuan dalam penggambaran peta, Pak Utoyo serta Indra Sukmayana atas penjelasan serta bantuannya dalam melengkapi data, juga Pak Dwi Nugroho Sunuhadi untuk peminjaman naskah RSNI Basis Data Mineral Logam. Last but not least, untuk Pak Teuku Ishlah dari dewan redaksi, terimakasih banyak atas kesediaannya membaca serta mengoreksi tulisan ini.

**ACUAN**

- RSNI SGSM 41-2004, *Basis Data Spasial Sumber Daya Mineral Logam*
- SNI 13-4688-1998, *Penyusunan peta sumber daya mineral, batubara dan gambut.*
- SNI 13-4726-1998/Amd 1 : 1999. *Klasifikasi Sumber Daya Mineral dan Cadangan, Amandemen 1.*
- SNI 19-6502.2-2000, *Peta Rupabumi Indonesia skala 1:25.000.*
- SNI 19-6502.3-2000, *Peta Rupabumi Indonesia skala 1:50.000.*
- SNI 19-6502.4-2000, *Peta Rupabumi Indonesia skala 1:250.000.*
- SNI 13-6606-2001, *Tata cara umum penyusunan laporan eksplorasi bahan galian.*
- SNI 13-6677-2002, *Evaluasi laporan penyelidikan umum dan eksplorasi bahan galian.*
- SNI 19-6724-2002, *Jaring kontrol horizontal.*
- SNI 19-6988-2004, *Jaring kontrol vertikal dengan metode sipat datar.*
- [www.dim.esdm.go.id](http://www.dim.esdm.go.id), website Pusat Sumber Daya Geologi, 2006

## PEDOMAN TEKNIS EKSPLORASI PASIR BESI

oleh :

Tim Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral  
(Sekarang Pusat Sumber Daya Geologi)

2005

### I. PENDAHULUAN

Pasir besi merupakan salah satu endapan besi yang selain telah dimanfaatkan sebagai bahan campuran dalam industri semen juga mempunyai prospek untuk dikembangkan sebagai bahan baku besi baja sesuai dengan perkembangan teknologi pengolahan dan kebutuhan pasar.

Sampai saat ini eksplorasi pasir besi sudah banyak dilakukan baik oleh pihak swasta maupun pemerintah, namun belum ada pedoman baku eksplorasi pasir besi yang bisa dipakai sebagai acuan teknis, terutama dalam penyusunan laporan hasil eksplorasi pasir besi.

Pedoman Teknis Eksplorasi Pasir Besi dapat dipakai sebagai bahan acuan bagi pemerintah dan swasta dalam melakukan eksplorasi endapan pasir besi agar ada keseragaman dalam melakukan eksplorasi dan pelaporan.

### II. RUANG LINGKUP

Pedoman Teknis Eksplorasi Pasir Besi ini meliputi tata cara eksplorasi mulai dari tahap persiapan, penyelidikan lapangan, pekerjaan laboratorium, pengolahan data dan pembuatan laporan dan mengacu kepada beberapa SNI yang terkait dengan aspek sumberdaya, cadangan dan eksplorasi bahan galian.

### III. ISTILAH PENTING

- **Pasir Besi** adalah endapan pasir yang mengandung partikel bijih besi (magnetit), yang terdapat di sepanjang pantai, terbentuk karena proses penghancuran oleh cuaca, air permukaan dan gelombang terhadap batuan asal yang mengandung mineral besi seperti magnetit, ilmenit, oksida besi, kemudian terakumulasi serta tercuci oleh gelombang air laut.
- **Gumuk Pasir atau Sand dunes** adalah Longgokan pasir besi atau bukan pasir besi yang terletak searah dengan pantai dan memanjang, yang mempunyai ketinggian sampai dengan 15 meter
- **Konsentrat Pasir Besi** adalah *Crude sand* yang telah mengalami benefisiasi melalui proses pemisahan magnet yang mempunyai prosentasi kemagnetan ( MD
- **Conto individu** adalah conto pasir besi hasil pemboran yang diambil dari tiap interval kedalaman tertentu, biasanya tiap 1 atau 1,5 m.
- **Conto komposit** adalah conto pasir besi hasil pemboran yang diambil dari satu lubang bor.
- **Pereduksi Conto (Increment box)** adalah alat pereduksi conto di lapangan yang berupa bak

terbuat dari kayu dengan ukuran lebar x panjang x tebal: 60 cm x 90 cm x 2 cm (J.I.S., 1965), untuk mendapatkan conto yang representatif.

- **Sumber Daya Endapan Pasir Besi Hipotetik** adalah sumber daya yang dihitung dengan interval bor > 1000 m.
- **Sumber Daya Endapan Pasir Besi Tereka** adalah sumber daya yang dihitung dengan interval bor 1000 m x 80 m.
- **Sumber Daya Endapan Pasir Besi Tertunjuk** adalah sumber daya yang dihitung dengan interval bor 400 m x 40 m.
- **Sumber Daya Endapan Pasir Besi Terukur** adalah Sumber daya yang dihitung dengan interval bor 100 m x 20 m.
- **Cadangan Pasir Besi Terkira (*Probable Ore Reserves*)** adalah Sumber daya tertunjuk yang berdasarkan studi kelayakan tambang, semua faktor yang terkait telah terpenuhi sehingga penambangan dapat dilakukan secara ekonomis.
- **Cadangan Pasir Besi Terbukti** adalah (*Proved Ore Reserves*) adalah sumber daya terukur yang berdasarkan studi kelayakan tambang, semua faktor yang terkait telah terpenuhi sehingga penambangan dapat dilakukan secara ekonomis.

### IV. TATA CARA EKSPLORASI

Tatacara eksplorasi pasir besi meliputi urutan kegiatan eksplorasi pasir besi mulai dari kegiatan sebelum pekerjaan lapangan, saat pekerjaan lapangan dan setelah pekerjaan lapangan yang dilakukan untuk mengetahui potensi pasir besi.

- Kegiatan Sebelum Pekerjaan Lapangan
  - **Studi Literatur** yang dilakukan meliputi: pengumpulan dan pengolahan data serta laporan kegiatan sebelumnya.
  - **Studi Penginderaan Jarak Jauh** dengan jenis data yang dapat digunakan dalam studi ini meliputi : data Citra *Landsat MSS TM/ Thematic mapper*, *SLAR*, *Spot image* dan foto udara. Dengan data penginderaan jarak jauh ini dapat dilakukan interpretasi gejala-gejala geologi yang berguna sebagai acuan dalam eksplorasi pasir besi.
  - **Studi Geofisika** dengan data yang digunakan dalam studi ini merupakan data geofisika berupa anomali kemagnetan.
  - **Persiapan dan Penyediaan Peralatan Lapangan** untuk pekerjaan lapangan antara lain: peta dasar topografi dan peta geologi, alat bor tangan, alat ukur topografi, palu geologi,

kompas geologi, *loupe*, alat tulis, magnetik pen, *susceptibility meter*, *Global Positioning System* (G.P.S.), kamera, alat gali, pita ukur, alat preparasi conto, kantong conto dan peralatan keselamatan kerja.

• **Kegiatan Pekerjaan Lapangan**

- **Pemetaan Geologi** dalam penyelidikan pasir besi meliputi pemetaan batas pasir pantai dengan litologi lainnya, sehingga dapat diperoleh gambaran sebaran endapan pasir besi.
- **Pengukuran Topografi** dilakukan untuk menggambarkan morfologi pantai dan perencanaan penempatan titik-titik lokasi pemboran dan sumur uji serta lintasan geofisika.

Urutan kegiatan yang dilakukan dalam pengukuran topografi adalah sebagai berikut:

- Penentuan koordinat titik awal pengukuran pada punggung *sand dune*.
- Pembuatan garis sumbu utama (*base line*) dan
- Pengukuran siku-siku untuk garis lintang (*cross line*).

Garis sumbu utama diusahakan searah dengan garis pantai dan garis-garis lintang yang merupakan tempat kedudukan titik bor, arahnya dibuat tegak lurus terhadap sumbu utama dengan interval jarak tertentu.

- **Geofisika (Geomagnetik)** metoda geofisika yang digunakan dalam studi ini adalah metoda geomagnetik yang meliputi: *aeromagnetic* dan *groundmagnetic*, namun jarang diterapkan. Tujuan dari penerapan metode ini adalah untuk mencari sebaran anomali magnetik daerah pantai yang dieksplorasi.
- **Pemboran** ini dimaksudkan untuk mengambil conto-conto pasir besi pantai baik yang ada diatas permukaan laut maupun yang berada dibawahnya.

Pekerjaan pemboran pasir besi dilakukan dengan menggunakan bor dangkal baik yang bersifat manual (Doormer) maupun bersifat semi mekanis ( Gambar 1 ). Kegiatan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Penentuan lokasi titik bor
- *Setting* alat bor
- Pembuatan lubang awal dilakukan dengan menggunakan mata bor jenis Ivan sampai batas permukaan air tanah.
- Setelah menembus lapisan air tanah, pemboran dilakukan dengan menggunakan *casing* yang didalamnya dipasang *bailer*.
- Pemboran dihentikan sampai batas batuan dasar.

Pengambilan conto pasir besi yang terletak di atas permukaan air tanah diambil dengan sendok pasir (*sand auger*) jenis Ivan berdiameter 2,5 inchi, sedangkan conto pasir yang berada di bawah permukaan air tanah dan bawah permukaan air laut diambil dengan *bailer* yang dilengkapi *ball valve*. Conto-conto diambil untuk setiap kedalaman 1,5 meter

atau setiap satu meter dan dibedakan antara conto dari horizon A, conto horizon B dan conto dari horizon C.

Pola pemboran dan interval titik bor yang digunakan pada pekerjaan ini disesuaikan dengan tahapan survei, sebagai contoh pada tahapan eksplorasi rinci digunakan pola pemboran dengan interval 100 m x 20 m (Gambar 2).

- **Pembuatan Sumur Uji**, pada umumnya dilakukan pada pasir besi undak tua yang telah mengalami kompaksi. Kegiatan ini dimaksudkan untuk mengambil conto-conto pasir besi pantai sampai pada kedalaman tertentu sampai mencapai permukaan air dan untuk mengetahui profil/penampang tegak peralapisan pasir besi.

Kegiatan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Penentuan lokasi sumur uji.
- Penggalan dengan luas bukaan sumur 1m x 1m atau 1,5m x 1,5m.
- Bila terjadi runtuh maka dibuat penyangga.
- Pembuatan sumur dihentikan apabila telah mencapai permukaan air atau telah mencapai batuan dasar.

Pengambilan conto pasir besi dari sumur uji diambil dengan interval setiap satu meter menggunakan metoda *channel sampling*, dengan ukuran 5 cm x 10 cm.

- **Preparasi Conto**, proses preparasi di lapangan untuk conto bor dan sumur uji dapat dilakukan dengan dua metoda, yaitu: *increment* atau *Riffle splitter*. Conto yang diambil harus homogen dari setiap interval kedalaman. Dengan pengambilan yang cukup representatif akan menjamin ketelitian dalam analisa kimia, perhitungan sumber daya atau cadangan dari endapan pasir besi pantai. Pengambilan conto-conto tersebut didasari oleh prosedur baku dalam eksplorasi endapan pasir besi pantai.

Kegiatan yang dilakukan dalam proses preparasi dengan metoda *increment* mengacu pada *Japan Industrial Standard* (J.I.S ), yaitu :

- Conto pasir hasil pemboran atau sumur uji ditampung pada suatu wadah dan diaduk hingga homogen
- Conto tersebut di atas dimasukkan dalam kotak *increment*, diratakan dan dibagi dalam garis kotak- kotak (Gambar 3).
- Conto direduksi dengan menggunakan sendok *increment* dari kotak *increment*, dari tiap-tiap kotak ditampung dalam kantong conto (Gambar 4).
- Conto hasil reduksi kemudian dikeringkan.
- Conto yang sudah dikeringkan dari tiap – tiap interval dibagi menjadi 3 bagian. Satu bagian untuk conto individu, satu bagian untuk conto komposit dan satu bagian untuk duplikat.
- Satu bagian conto dari tiap interval digabungkan dengan interval lainnya menjadi conto komposit.

Kegiatan yang dilakukan dalam proses preparasi dengan metoda *riffle splitter*, yaitu :

- Conto pasir hasil pemboran atau sumur uji ditampung pada suatu wadah dan diaduk hingga homogen, kemudian dikeringkan
- Conto yang telah kering direduksi dengan *riffle splitter* hingga mendapatkan berat yang diinginkan ( $\pm 3$  kg).
- Conto yang sudah mengalami *splitting* dari tiap – tiap interval dibagi menjadi 3 bagian. Satu bagian untuk conto individu, satu bagian untuk conto komposit dan satu bagian untuk duplikat.
- Satu bagian conto dari tiap interval digabungkan dengan interval lainnya menjadi conto komposit.
- **Penentuan Persentase Kemagnetan (MD)**, diawali dengan pemisahan mineral magnetik dengan non-magnetik, sebagai berikut:
  - Hasil preparasi conto dilapangan sebanyak 1 kg, direduksi hingga  $\pm 100$  gr menggunakan *splitter* (conto hasil reduksi).
  - Conto hasil reduksi ditaburkan dalam suatu tempat secara merata.
  - Pemisahan dilakukan dengan menggerakkan magnet batang 300 gauss berulang-ulang minimal 7 kali di atas selambar kaca setebal 2 mm yang dibawahnya tertabur conto pasir untuk mendapatkan conto konsentrat yang cukup bersih. Jarak antara magnet batang dengan lapisan pasir harus dibuat tetap untuk menghindari perbedaan kuat medan magnet.
  - Konsentrat yang diperoleh dari pemisahan magnet, ditimbang dalam satuan gram. Dengan membandingkan berat konsentrat dan berat conto hasil reduksi, maka didapat harga persentase magnetik dengan rumus :

<b>MD :</b>	$\frac{\text{Berat Konsentrat}}{\text{Berat conto hasil reduksi}} \times 100 \%$
-------------	--

- **Penentuan Berat Jenis *insitu*** dilakukan dengan cara sebagai berikut:
  - Penghitungan volume conto dari bor berdasarkan perhitungan volume bagian dalam dari *casing* dengan rumus:
 
$$V = \pi \times r^2 \times t$$

V = Volume conto  
 $\pi$  = Konstanta (3,14)  
 r = jari-jari bagian dalam *casing*;  
 t = ketinggian conto dalam *casing*.
  - Penentuan berat dengan cara menimbang setiap interval conto
- **Kegiatan Setelah Pekerjaan Lapangan**
  - **Analisa Laboratorium dilakukan** conto-conto setelah dikumpulkan (Gambar 6). Pekerjaan analisa laboratorium meliputi analisa kimia dan fisika.

Analisa kimia dilakukan terhadap conto individu untuk mengetahui kandungan unsur dalam konsentrat, antara lain:  $Fe_{total}$  ( $FeO$  dan  $Fe_2O_3$ ,  $Fe_3O_4$ ) dan Titan.

Analisa kimia dapat dilakukan dengan beberapa metoda, antara lain AAS, volumetrik, XRF dan ICP.

Analisa fisika yang dilakukan antara lain analisa mineral butir, analisa ayak, analisa sifat magnetik dan berat jenis. Analisa mineral butir dilakukan untuk mengetahui jenis dan persen berat mineral baik untuk fraksi magnetik maupun nonmagnetik. Conto yang dianalisa mineral butir berasal dari conto komposit, yang mewakili wilayah/ blok pemboran. Analisa ayak dimaksudkan untuk mengetahui ukuran butiran pasir besi yang dominan. Analisa ayak dilakukan terhadap conto pilihan berasal dari bagian-bagian blok interval dalam bentuk conto komposit berat 500 gram yang dibagi menjadi 6 fraksi, yakni :

1. butiran yang lebih besar + 2 mm atau + 10 mesh
2. butiran antara -2 + 1mm atau -10 + 18 mesh
3. butiran antara -1 + 1/2 mm atau -18 + 35 mesh;
4. butiran antara -1/2 + 1/4 mm atau -35 + 72 mesh;
5. butiran antara -1/4 + 1/8 atau -72 + 150 mesh dan
6. butiran yang lebih kecil dari -1/8 mm.

Masing-masing fraksi jumlahnya dinyatakan dalam persen berat yang dapat digambarkan dalam bentuk diagram balok sehingga sebaran fraksi pasir besi yang dominan dapat diketahui (Gambar 7). Analisa berat jenis dimaksudkan untuk mengetahui berat jenis pasir besi. Analisa dilakukan dengan cara conto asli (*crude sand*) seberat 100 gram dimasukkan ke dalam air yang diketahui volumenya di dalam gelas ukur. Untuk memudahkan perhitungan ditetapkan volume 200 cc, apabila kenaikan air menjadi A cc, maka volume pasir yang dimasukkan = A – 200 cc.

Jadi berat jenis =  $100 / (A-200)$  gram /cc.

- **Pengolahan Data** dari hasil pengamatan dan analisa laboratorium diolah dan ditafsirkan secara seksama untuk memberikan gambaran tentang kondisi geologi daerah penelitian yang berkembang dari aspek genetik, posisi, hubungan serta distribusinya.

Data hasil analisa MD dan pemboran dibuat profil penyebaran endapan pasir besi terhadap sumbu panjang (sejajar pantai) dan sumbu pendek (tegak lurus pantai) dan *isograde*. Lokasi-lokasi pengambilan conto diplot dalam peta topografi hasil pengukuran (Peta Lokasi Pengambilan Conto dan Peta *Isograde*).

Peta-peta yang dihasilkan bertujuan untuk keperluan penambangan, misalnya : peta *isograde* dan peta topografi serta penampang tegak sebaran bijih besi ke arah kedalaman baik sejajar garis pantai maupun yang memotong tegak lurus garis pantai. Bentuk-bentuk gumuk pasir baik yang *front* maupun *back dunes* dipetakan secara rinci.

Perhitungan sumber daya secara manual dilakukan dengan beberapa metoda, antara lain:

- Metoda daerah pengaruh dengan rumus :

$$C = (L \times t) \times MD \times SG$$

Dimana :

C = Sumber daya dalam ton

L = Luas daerah pengaruh dalam m<sup>2</sup>

t = Tebal rata-rata endapan pasir besi dalam meter

MD = prosentase kemagnetan dalam %

SG = Berat Jenis dalam ton/m<sup>3</sup>

• **Metoda Geostatistik**

Metoda ini digunakan untuk membantu dalam perhitungan estimasi sumber daya/cadangan endapan bahan galian dimana nilai conto merupakan realisasi fungsi acak (statistik spasial). Pada hipotesis ini, nilai conto merupakan suatu fungsi dari posisi dalam cebakan, dan posisi relatif conto dimasukkan dalam pertimbangan. Kesamaan nilai-nilai conto yang merupakan fungsi jarak conto serta yang saling berhubungan ini merupakan dasar teori statistik spasial. Metoda ini jarang dilakukan dalam perhitungan estimasi sumber daya /cadangan pasir besi.

Untuk mengetahui sejauh mana hubungan spasial antara titik-titik di dalam cebakan, maka harus diketahui fungsi strukturalnya yang dicerminkan oleh model semivariogramnya.

Menetapkan model semivariogram merupakan langkah awal dalam perhitungan geostatistik, selanjutnya dengan perhitungan varian estimasi, varian dispersi, varian kriging, dll.

Metoda geostatistik yang digunakan dalam eksplorasi pasir besi adalah varian estimasi. Pada metoda ini estimasi suatu cadangan dicirikan oleh suatu ekstensi/pengembangan satu atau beberapa harga yang diketahui terhadap daerah sekitarnya yang tidak dikenal. Suatu harga yang diketahui (diukur pada conto inti, atau pada suatu blok) diekstensikan terhadap bagian-bagian yang diketahui pada satu endapan bijih.

Ada beberapa cara estimasi yang sudah dikenal pada kegiatan pertambangan antara lain:

- a. Estimasi kadar rata-rata suatu cadangan bijih berdasarkan rata-rata suatu kadar yang didapat dari analisis conto pemboran/sumur uji.
- b. Estimasi endapan bijih pada suatu tambang atau blok-blok penambangan dengan menggunakan sistem poligon sebagai daerah pengaruh, yang antara lain didasari oleh titik-titik pengamatan berikutnya, pembobotan secara proporsional yang berbanding terbalik dengan jarak dan lain-lain.

Tujuan dari penggunaan metoda ini antara lain untuk memperoleh gambaran tiga dimensi dari bentuk endapan pasir besi. Pada penerapannya untuk perhitungan dalam geostatistik umumnya memerlukan bantuan komputer. Geoplan merupakan perangkat lunak yang diperlukan dalam paket perhitungan variogram. Selain itu juga digunakan perangkat lunak

program KRIG3D yang merupakan paket program kriging, varian estimasi dan varian dispersi.

**V. Tahapan Eksplorasi**

- **Penyelidikan Umum** adalah tahapan eksplorasi untuk mengidentifikasi daerah potensial keterdapatan pasir besi pada skala regional terutama berdasarkan hasil studi geologi regional dan analisa penginderaan jarak jauh. Pada tahapan ini juga dilakukan pekerjaan pemboran sejajar pantai secara acak disertai pengambilan conto dan pembuatan sumur – sumur uji apabila diperlukan.

Tujuan dari tahapan survei tinjau ini adalah untuk mengidentifikasi daerah yang prospektif untuk diteliti lebih lanjut.

Adapun pekerjaan yang dilakukan pada tahapan ini adalah :

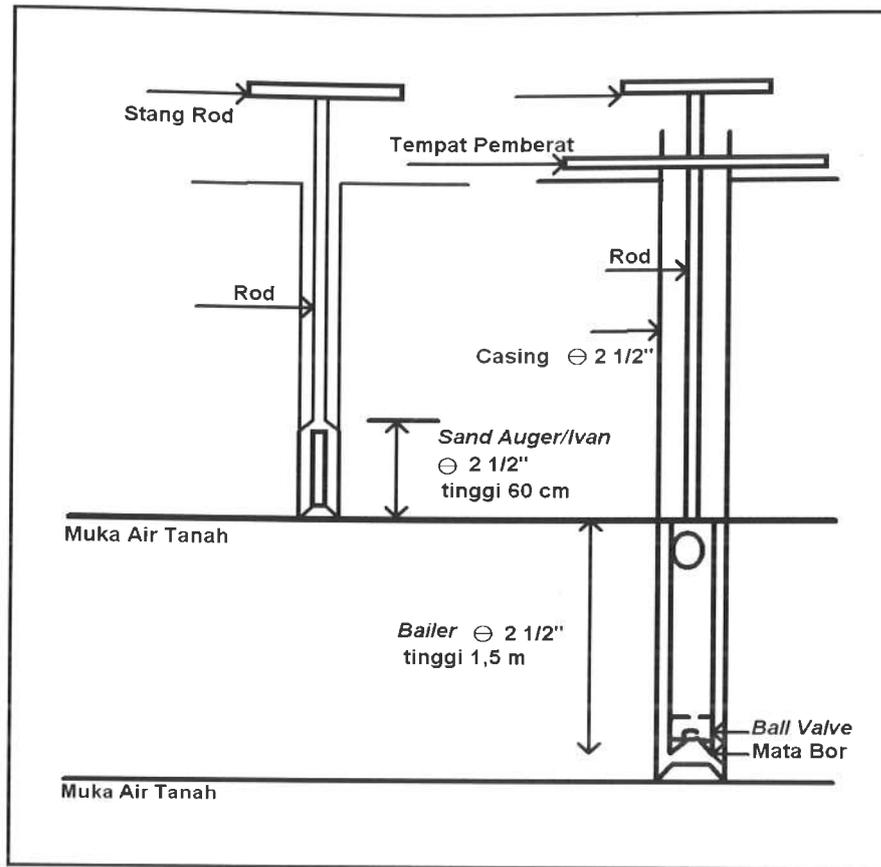
- Pemetaan geologi dan topografi skala 1 : 25.000 sampai skala 1 : 10.000
- Pemboran dengan jarak antara lubang bor 2 km x 0,08 km sampai dengan 1 km x 0,08 km
- Pembuatan sumur uji
- Penentuan sumber daya endapan pasir besi hipotetik sampai tereka
- **Eksplorasi** adalah tahapan lanjutan setelah penyelidikan umum. Tujuannya adalah untuk mengetahui sumber daya endapan pasir besi secara rinci.

Adapun pekerjaan yang dilakukan pada tahapan ini adalah :

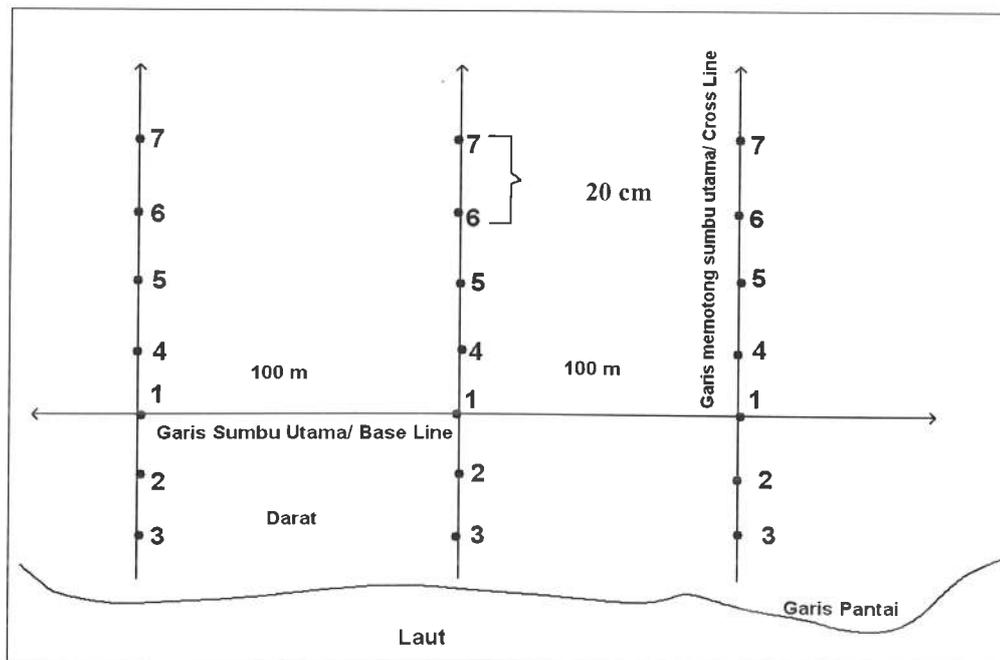
- Pemetaan geologi dan topografi skala 1 : 5000 sampai 1 : 1000
- Pemboran dengan jarak antara lubang bor 0,4 km x 0,04 km sampai 0,1 km x 0,02 km (Gambar 2 dan 5)
- Penentuan sumber daya endapan pasir besi terunjuk dan terukur

**VI. Pembuatan Laporan**

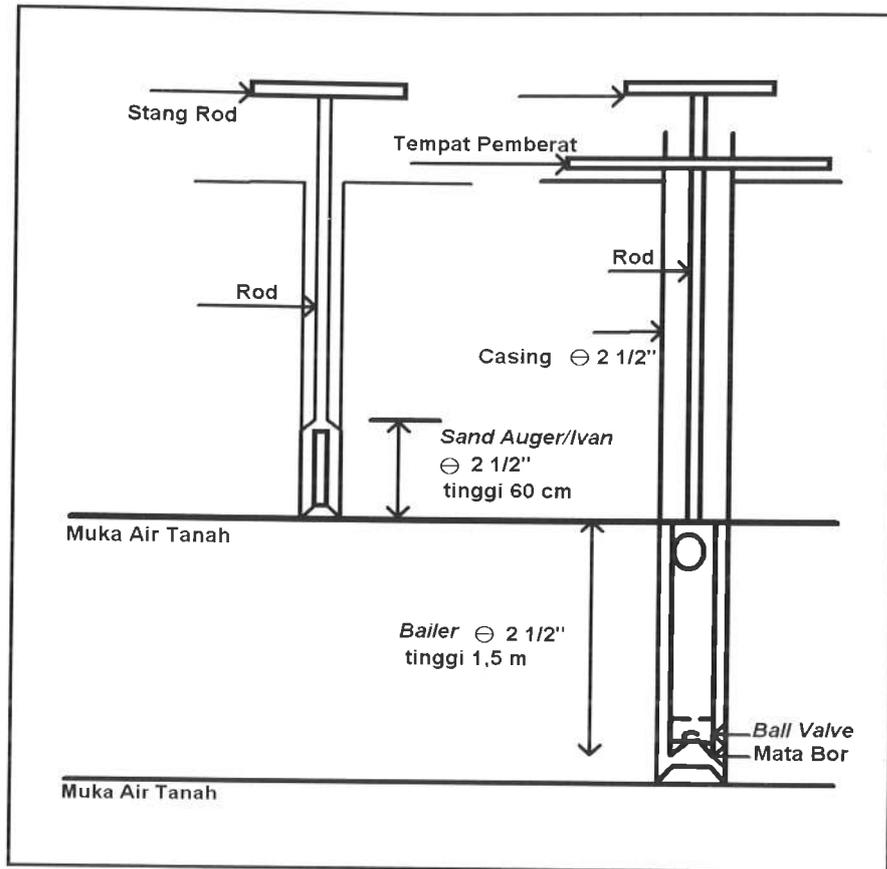
Pembuatan laporan merupakan kegiatan terakhir seluruh pekerjaan eksplorasi yang berisi uraian teknis dan non-teknis. Laporan terdiri dari bab-bab yang berisi Pendahuluan, Kegiatan penyelidikan, Hasil Penyelidikan dan Kesimpulan. Laporan dilengkapi dengan sari, daftar isi, daftar gambar , daftar foto, daftar tabel dan lampiran, serta daftar pustaka.



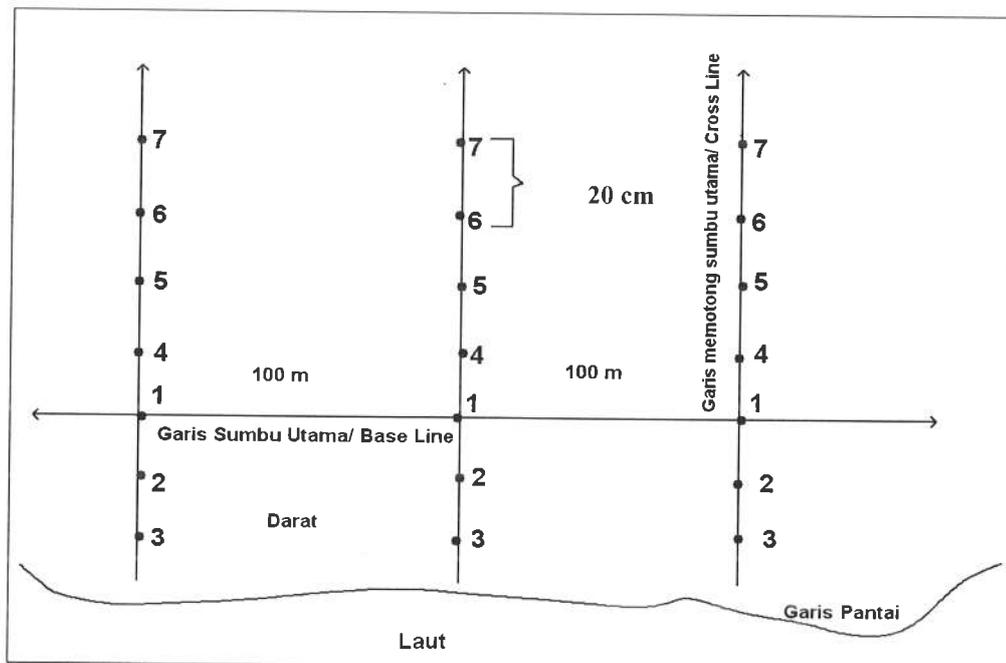
Gambar 1. Sketsa Bor Tangan Doormer



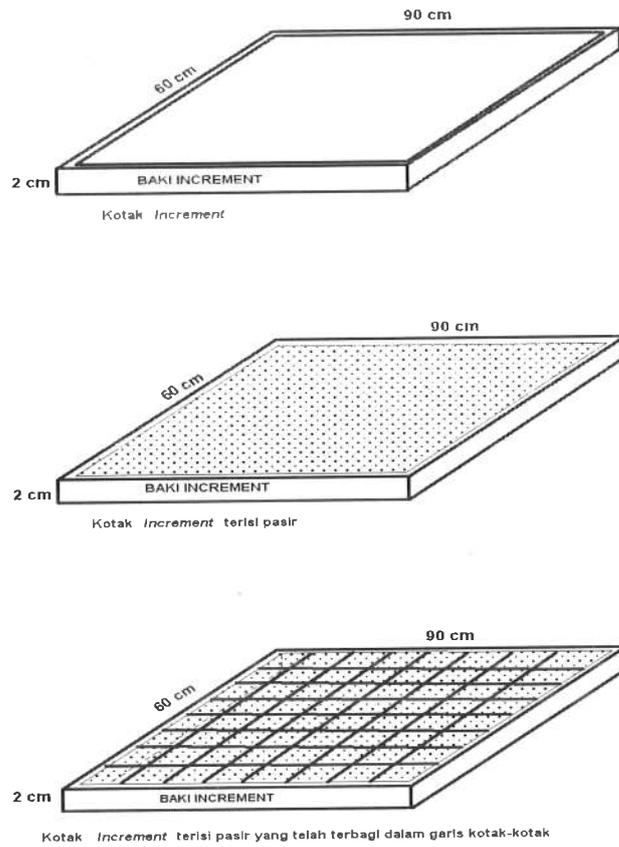
Gambar 2. Pola Pemboran dan Nomor urut Titik Bor



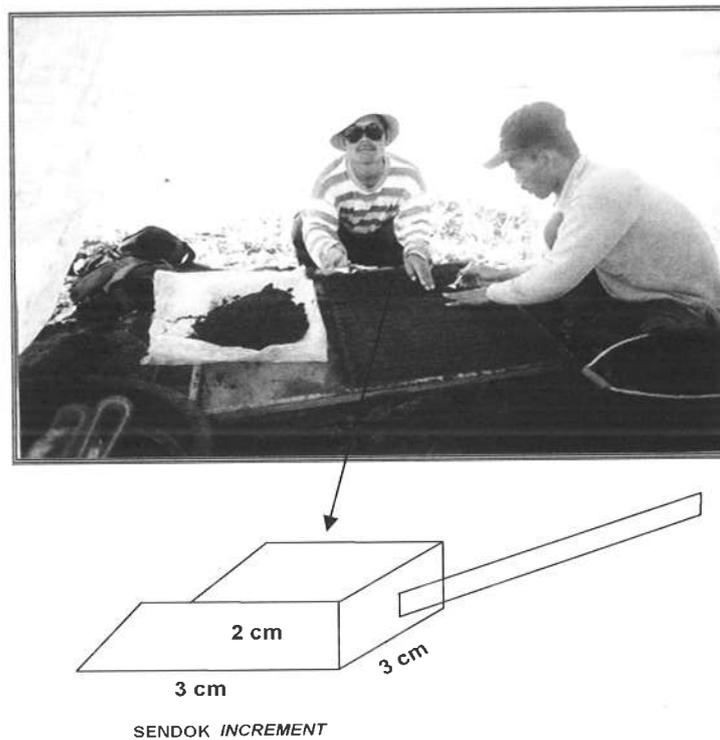
Gambar 1. Sketsa Bor Tangan Doormer



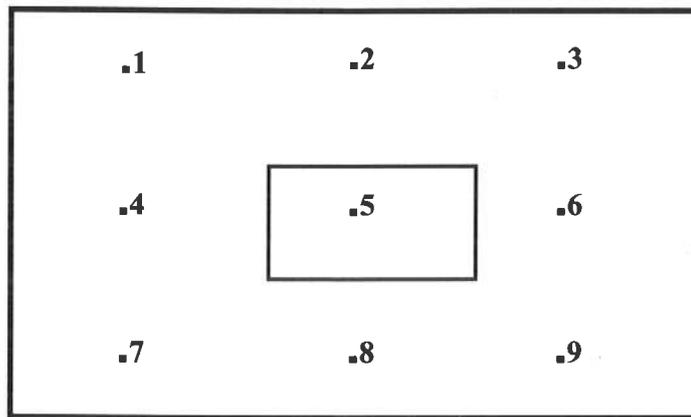
Gambar 2. Pola Pemboran dan Nomor urut Titik Bor



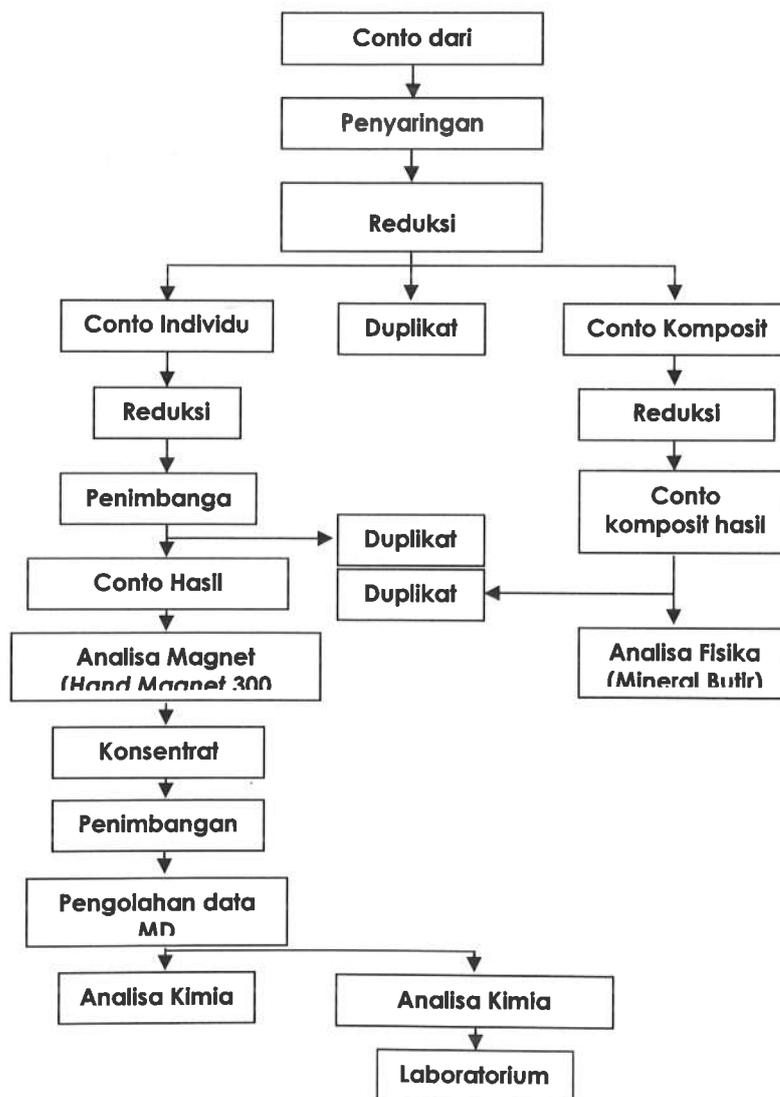
Gambar 3. Alat Reduksi Penyontohan dengan Metoda "Increment" (Standar J.I.S.)



Gambar 4. Teknik Penyontohan Pasir Besi Metoda Increment



Gambar 5. Daerah Pengaruh Pemboran Diambil ½ jarak Lubang Bor

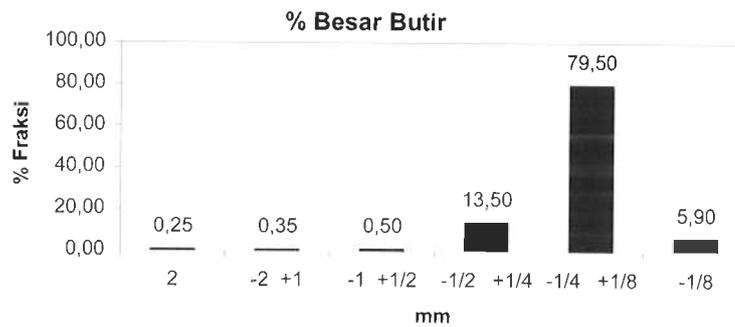


Gambar 6. Bagan Alir Penyiapan Contoh Untuk Analisa Laboratorium

I. ANALISA AYAK/ BESAR BUTIR

mm	+ 2	-2 + 1	- 1 + 1/2	-1/2 + 1/4	1/4 + 1/8	- 1/8
Fraksi mesh	+10	-10 + 18	-18 + 35	35 + 72	72 + 150	
% Fraksi	0,25	0,35	0,5	13,5	79,5	5,90

II. DIAGRAM BALOK SEBARAN BESAR BUTIR



III. KOMPOSISI MINERAL

FRAKSI	+ 2	-2 + 1	- 1 + 1/2	-1/2 + 1/4	1/4 + 1/8	- 1/8	Total
% Mineral							
1. Material Organik	100	100	40	2	-	-	1.05
2. Magnetit	-	-	-	3	55	59	45.17
3. Ilmenit	-	-	-	1	5	5	4.35
4. Oksida Besi	-	-	40	40	2	5	7.5
5. Piroksen	-	-	-	20	37	31	36.43
6. Kwarsa	-	-	20	34	1	Tr	5.5

Catatan:

- Magnetit =  $Fe_3 O_4$
- Ilmenit =  $Fe_2 Ti O_3$
- Oksida Besi =  $Fe_2 O_3$
- Piroksen =  $Ca, Mg, Fe, SiO_2$
- Kwarsa =  $SiO_2$

Gambar 7. Conto Hasil Analisa Ayak

## BOWEN NORMAN L



Norman L Bowen dikenal sebagai seorang ahli petrologi paling cemerlang di abad ke 20. Bowen lahir pada tanggal 21 Juni 1887 di Kingston Ontario Canada sebagai anak bungsu pasangan William Alfred Bowen dan Eliza Mc Cormick Bowen.

Sewaktu masih kecil, Bowen sangat tertarik dengan bekas penggalian batugamping dan batugranit di dekat tempatnya tinggal. Bekas penggalian tersebut terkadang terisi air sehingga membentuk sebuah kolam yang biasa digunakannya untuk berenang pada saat musim panas ataupun bermain *iceskating* pada saat musim dingin. Pengalaman masa kecilnya inilah yang membuatnya tertarik terhadap dunia batuan sehingga kelak menghantarnya untuk menjadi salah seorang ahli petrologi temama.

Bowen memasuki Kingston Publik Schools dan the Collegiate Institute hingga tahun 1900. Menyelesaikan junior matrikulasi dalam 3 tahun, Bowen masuk Queen's University pada musim gugur tahun 1903. Menyelesaikan honour course dalam kimia dan mineralogy pada tahun 1907, ia lulus dengan gelar M.A serta menerima university medal untuk kedua subjek yang diambalnya.

Pengalaman Bowen di bidang geologi diawali ketika dia bekerja untuk *Ontario Bureau of Mines* di areal danau *Larder* di bawah bimbingan Prof.R.W.Brock yang pada saat itu juga menjabat sebagai direktur Geological Survey Canada. Ditinggalkan di lapangan dalam usia dua puluh, Bowen memperlihatkan kemampuannya untuk bertahan di hutan serta mempraktekan kemampuannya membaca peta, walaupun sebelumnya ia sama sekali tidak berpengalaman.

Setelah kembali dari pekerjaan lapangan, Bowen kemudian menghabiskan waktunya selama dua tahun untuk mempelajari *mining engineering* dan geologi di School of Mining Queens University. Selama menyelesaikan gelar Bs-nya, Bowen menyelesaikan dua paper berdasarkan hasil 3 kali field work musim panas bersama *Ontario Bureau of Mines*. Salah satu dari paper tersebut mendapatkan penghargaan *first prize* serta *Presiden Gold Medal* dari The Canadian Mining Institute.

Bowen banyak terinspirasi oleh ahli geologi serta ahli kimia lainnya. Salah seorang yang paling berpengaruh pada Bowen adalah Reginald A Daly. Beberapa tokoh lainnya seperti T.A Jaggard, C.H Warren, H.W. Shimmer mempengaruhi cara berpikir geologi Bowen. Sedangkan

A.A. Noyes, G.N Lewis dan W.C Bray menginspirasi dalam kimia. Filosofi yang digunakan oleh Bowen adalah mengaplikasikan kimia fisik untuk memecahkan problem-problem mineralogi dan petrologi.

Dalam karir geologinya, Bowen pernah berkerja sebagai salah satu asisten Daly selama musim panas 1911. Ia melakukan pekerjaan survey lintasan utama untuk Canadian Pacific Railway dan melakukan pemetaan geologi pada lembar *Shuswap*. Pekerjaan-pekerjaan lainnya menghantarnya menjadi seorang geologist berpengalaman. Ia dikenal sebagai seorang ahli gunung api, ahli geologi ekonomi maupun sebagai *geologist* lapangan. Belakangan dia memilih untuk memuaskan keinginannya mempelajari baik kimia maupun geologi dengan bekerja di *Geophysical Laboratory Carnegie Institute of Washington D.C.*

Dalam tiga tahun bekerja di laboratorium geofisika, Bowen menunjukkan kecermelangannya dengan berhasil mengembangkan beberapa konsep terkritik dalam ilmu petrologi. Ia berhasil memecahkan hubungan fase termal dalam system nepheline anortite. Hasil penelitiannya diakui sebagai salah satu syarat untuk gelar doktor yang kemudian diterimanya pada tanggal 4 juni 1912. Selama berkerja di laboratorium, Bowen juga berhasil mendemonstrasikan seri lengkap *solid solutions* dalam sistim plagioklas feldspar. Ia bahkan berhasil mengkalkulasi titik cair dari fase akhir albit dan anortit serta menjelaskan zoning yang terjadi pada kedua mineral tersebut.

Bersama dengan Olaf Andersen, Bowen mempelajari sistem *MgO-SiO<sub>2</sub>* (1914), sistem *Diopside-Forsterite-Silika* (1914) serta sistem *Diopside-Albite-Anortit* (1915). Ketiga sistem tersebut adalah sistem yang berpengaruh pada pembentukan batuan-batuan dasar. Dari studi-studinya itulah Bowen memunculkan pemikiran yang dituangkannya dalam bentuk memoir klasik "*The Later Stages of the Evolution of the Igneous Rocks*" pada tahun 1915. Dalam usia yang relatif muda, 28 tahun, melalui studi-studinya tersebut, Bowen mulai menarik perhatian serta mendapat pengakuan kalangan ilmuwan dunia.

Sedikit sekali ahli petrologi yang memberikan kontribusi pada begitu banyak konsep-konsep dalam ilmu petrologi yang mampu menguatkan argumentasinya melalui penambahan data-data kuantitatif. Bowen adalah salahsatu dari yang sedikit tersebut.

Dalam memecahkan berbagai masalah petrologi, Bowen memiliki kebiasaan untuk membuat observasi lapangan yang kemudian dilanjutkan dengan eksperimen laboratorium. Metoda tersebut terbukti cukup ampuh dalam menguatkan pemikiran-pemikirannya. Sumbangan Bowen yang utama adalah mengaplikasikan kimia fisik kedalam problem-problem geologi yang kompleks. Untuk berbagai sumbangan pemikiran tersebut, Bowen mendapatkan penghargaan dari berbagai penjurur dunia, baik berupa medali, anggota kehormatan, gelar kehormatan, presiden berbagai kelompok kajian serta salah seorang yang sering dijadikan tokoh dedikasi para penulis buku.

Bowen menghasilkan beberapa paper klasik, salah satu diantaranya adalah "*Progressive Metamorphism of Siliceous Limestone and Dolomite*". Paper inilah yang mendasari kuliahnya dalam ilmu petrologi batuan metamorph. Pada masa itu, ilmu tersebut merupakan salah satu ilmu baru. Untuk mengungkap berbagai permasalahan dalam petrologi batuan metamorph, seorang ahli petrologi batuan beku harus piawai memadukan prinsip-prinsip geologi serta kimia fisik, dan Bowen mampu melakukannya

Bowen menikah dengan Mary Lamont seorang dokter pada tahun 1911, serta dikaruniai seorang putri Catherine Lamont Bowen yang dilahirkan pada tanggal 18 Desember 1914 di Wangshington DC. Bowen dikenal

sebagai sosok pria yang berpembawaan tenang dengan selera humor yang baik.. Para mahasiswa serta koleganya menghormati serta mengaguminya. Bowen juga merupakan sosok yang rendah hati. Sangat jarang ia menjawab pertanyaan yang diajukan kepadanya secara cepat, ia lebih senang untuk memilih berpikir sejenak untuk selanjutnya menjawab dengan sangat jelas disertai argumentasi yang masuk akal. Walaupun Bowen tidak terlalu menyukai mengajar tetapi dia sangat gemar menolong para mahasiswanya. Hampir seluruh mahasiswa yang belajar padanya mengenal sikapnya yang hangat, baik hati serta penuh simpati.

(*Tha, sumber : MacMillan Encyclopedia of Earth Sciences*).

## GALERI MINERAL

### Emas

Disimbolkan dengan Au (dari kata latin *aurum* yang berarti cahaya keemasan sore), logam berwarna kuning ini memiliki nomor elemen 79 dan berat atom 196.967. Diklasifikasikan sebagai logam mulia yang secara alami terdiri atas isotop tunggal dengan berat jenis spesifik 19.3. Emas memiliki titik leleh pada 1,064.43 ° celcius.

Bersama –sama dengan tembaga dan perak, emas adalah logam pertama yang digunakan oleh manusia. Logam ini pertama kali ditemukan dalam bentuk aslinya pada sekitar 5000 tahun sebelum Masehi. Pada saat itu emas digunakan sebagai perhiasan atau jimat.

Sepanjang sejarah emas memegang peranan cukup penting dalam migrasi manusia dan kemakmuran sebuah komunitas. Manusia memanfaatkan emas dalam bentuk medali, perhiasan dan juga jimat-jimat serta menggunakannya sebagai pelapis objek-objek ornamental. Beberapa komunitas bahkan menguburkan jasad orang yang telah meninggal dengan banyak sekali emas.

Hingga tahun 1492 produksi emas tahunan dunia sangatlah rendah. Hanya kurang dari 5 metric tons per tahun. Meningkatnya produksi emas dunia dimulai ketika benua Amerika pertama kali ditemukan oleh Columbus pada tahun 1492. Pada saat itu banyaknya emas yang dimiliki oleh penduduk asli mendatangkan banyak pendatang untuk mengeksplorasi serta mengeksploitasi emas di Amerika. Dalam kurun waktu 1520-1650, Spanyol mencatat rekor dengan mengapalkan sebanyak 181 metric tons emas serta 16000 metric tons perak ke Eropa. Mulai periode tersebut hingga tahun 1850, produksi emas tahunan dunia meningkat menjadi 20-30 meric tons per tahun.

Emas paling banyak digunakan sebagai perhiasan dimana kemurniannya dinilai dari nilai karatnya. Emas 24 karat adalah emas murni dengan kandungan emas 100%, 18 karat adalah perhiasan dengan kandungan emas sebanyak 75% sedangkan 12 karat

menunjukkan perhiasan dengan kandungan emas 50 %. Di Amerika perhiasan biasanya dibuat dalam 14 atau 18 karat tetapi di Eropa perhiasan dengan nilai karat 20 dan 22 lebih umum dibuat. Dalam membuat perhiasan, manusia biasanya mencampurkan emas dengan logam lainnya seperti perak, tembaga atau timah. Campuran ini menghasilkan perhiasan dengan warna dan kekuatan tertentu disamping juga menghasilkan harga perhiasan yang tidak terlalu mahal dibandingkan dengan perhiasan yang menggunakan 100% emas.

Karena emas merupakan konduktor yang sangat baik, logam ini banyak digunakan dalam industri elektronik. Emas merupakan reflektor sinar infra red yang sangat baik pula. Sepuhan tipis emas banyak digunakan untuk melapisi jendela-jendela penahan panas serta cermin khusus. Emas juga sangat mudah dibentuk bahkan ke dalam bentuk lembaran dengan ketebalan hingga 0.00008 mm. Oleh karenanya emas dalam jumlah sedikit mampu menutupi areal yang luas. Karenanya emas banyak digunakan untuk melapisi berbagai objek ornamental atau sebagai dekorasi tambahan pada kayu, kertas ataupun kain.

Afrika Selatan dikenal sebagai produsen emas terbesar di dunia disusul oleh Amerika di peringkat kedua.

(*Tha, sumber: MacMillan Encyclopedia of Earth Sciences*).

## KAMUS GEOLOGI

- Alaskite : Batuan plutonik yang tersusun atas orthoklase, mikroklin dan subordinat kuarsa, dengan atau tanpa bahan mafik. Bisa mengandung Plagioklase ataupun tidak.
- Alkali metal : Semua jenis logam yang berasal dari kelompok basa, seperti litium, natrium, kalium, rubidium atau caesium.
- Ballas : Jenis berlian yang keras dan berbentuk globular.
- Boulangerite : Mineral dengan susunan kimia  $Pb_5Sb_4S_{11}$ , monoklin.
- Brachyanticline : Istilah yang digunakan USSR untuk menyebutkan antiklin panjang dan sempit.
- Core : 1). Bagian inti bumi mulai pada kedalaman sekitar 2900 km, yang terdiri dari campuran logam besi-nikel. Terbagi menjadi inti luar berupa cairan dan inti dalam yang berupa padatan. 2). Conto batuan yang diperoleh dari pemboran inti.
- Corundum : Mineral dengan susunan kimia  $Al_2O_3$  berbentuk segi enam. Batu Safir dan ruby adalah beberapa jenis corundum.
- Corundolite : Batuan yang terdiri dari corundum dan besi oksida.

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



ISSN 1907-5367  
9 771907 536770