

ISSN 1907-5367



9 771907 536770

# buletin

Volume 3 Nomor 2 2008

## SUMBER DAYA GEOLOGI



- ☑ **Potensi, Prospek dan Pengusahaan Timah Putih di Indonesia**
- ☑ **Potensi Bahan Baku Semen di Kawasan Timur Indonesia**
- ☑ **Analisis Kandungan Gas Metan dalam Batubara pada Titik Bor B-01 dan B-02 Daerah Loa Lepu Kab. Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur**



Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral

**Badan Geologi**

Pusat Sumber Daya Geologi

# PENGANTAR REDAKSI

Memasuki penghujung 2008, Buletin Sumber Daya Geologi kembali mengajak pembaca menikmati sajian makalah tentang kajian, tinjauan maupun berbagai hasil penelitian sumber daya mineral, batubara dan panasbumi. Kami sangat bersyukur meski dengan terengah-engah, bisa memenuhi target untuk menerbitkan edisi Buletin Sumber Daya Geologi pada Volume 3 Nomor 2 tahun 2008, sebanyak 5 karya tulis.

Kembali Redaksi sampaikan bahwa kesulitan yang itu-itu saja dalam penerbitan Buletin masih saja pada minimnya jumlah makalah atau karya tulis yang masuk. Dan kalau diperhatikan, penulis yang muncul tentu masih dari nama itu-itu saja. Para pembaca yang setia, buletin kita ini, diterbitkan untuk menjadi ajang berlatih menulis bagi anda semua dengan catatan tentu saja berlatih menulis yang tidak asal-asalan, kami tantang siapa **berani menulis**.

Para editor dan dewan redaksi yang handal, baik pengalaman di bidangnya masing-masing dan tentu saja jam terbang yang sudah tak terhitung, siap membantu dengan memberikan masukan yang Insya Allah menyempurnakan tulisan yang anda buat. Tidak ada sedikitpun maksud kami untuk mempersulit pemuatan karya yang anda buat. Koreksi dan masukan dibuat semata-mata untuk membantu tulisan anda lebih memiliki arti serta layak untuk dimuat dan dibaca oleh banyak orang.

Mengakhiri tahun 2008, mari kita bersama-sama memancarkan tekad untuk terus berlatih, berani mencoba dan bersemangat untuk berkarya. Kepada para penulis yang telah menyumbangkan karyanya di Buletin ini, kami dari Redaksi mengucapkan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya. Semoga penerbitan Buletin pada hari ini dan dimasa yang akan datang, terus berkibar dengan menerbitkan banyak karya bermutu yang menambah wawasan di bidang sumber daya geologi.

Salam hangat  
Dewan Redaksi

Penanggungjawab  
Kepala Pusat Sumber Daya Geologi

Wakil Penanggungjawab  
Kepala Bidang Informasi

Dewan Redaksi

Penanggungjawab Redaksi  
Calvin Karo-Karo Gurusinga

Ketua  
Denni Widhiyatna

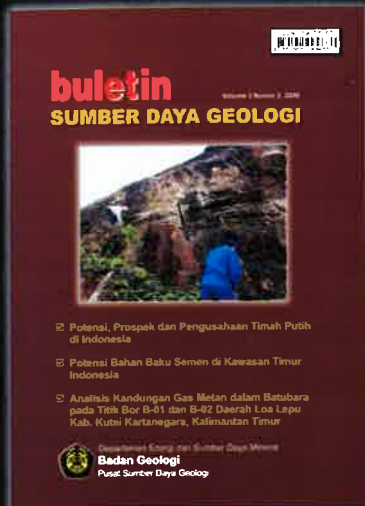
Redaktur  
S.S. Rita Susilawati  
Raharjo Hutamadi  
Herry Rodiana Eddy  
Teuku Ishlah  
Bambang Pardiarto

Editor  
Syafra Dwipa  
Bambang Tjahjono S.  
Danny Z. Herman  
Herudiyanto  
Fredy Nanlohi  
Dedi Amarullah

Sekretariat  
Ella Dewi Laraswati  
Nandang Sumarna  
Wiwi Resmiasih  
Sulastri  
Candra  
Retno Lestari Rahmawati  
Dana Sudarna

Redaksi menerima makalah dari dalam maupun dari luar lingkungan Pusat Sumber Daya Geologi. Makalah hendaknya berkaitan dengan sumber daya geologi secara khusus atau geologi umum. Makalah ditulis dalam format Microsoft Word dengan single spasi, maksimum 10 halaman. Alamatkan kepada Redaksi Buletin Pusat Sumber Daya Geologi, Sub Bidang Penyediaan Informasi Publik, Jalan Soekarno-Hatta No. 444, Bandung, 40254  
Telp. 022 5226270, 022 5202698, Fax. 022 5206263,  
<http://www.dim.esdm.go.id>, <http://portal.dim.esdm.go.id>,  
Email : [sismin@dim.esdm.go.id](mailto:sismin@dim.esdm.go.id)

# DAFTAR ISI



## MAKALAH ILMIAH

- 2** Potensi, Prospek dan Pengusahaan Timah Putih di Indonesia  
Oleh : Sabtanto Joko Suprpto
- 14** Potensi Bahan Baku Semen di Kawasan Timur Indonesia  
Oleh : Herry Rodiana Eddy
- 24** Analisa Kandungan Gas Metan Dalam Batubara Pada Titik Bor B-01 dan B-02, Daerah Loa Lepu, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur
- 29** Aspal Buton : Analisis dan Kajian Geokimia Hidrokarbon  
Oleh : S.M. Tobing
- 46** Sistim dan Kedalaman Penudung serta Reservoar Re-Interpretasi Data Tahanan Jenis daerah Panas Bumi Non Vulkanik Waesalit, P. Buru, Propinsi Maluku  
Oleh : Alanda Idral
- 57** Kondisi Lingkungan Pasca Pengeboran Sumur Eksplorasi AT-1 dan AT-2 di Lapangan Panas Bumi atedai, Lembata, Nusa Tenggara Timur  
Oleh : Soetoyo

## KAMUS GEOLOGI 65

Oleh : Penny

## TOKOH

Sekilas tentang tokoh pertambangan/geologi Indonesia 66

Arie Frederik Lasut

Oleh : Ella Dewi Laraswati

## GALERI FOTO

Foto-foto menarik tentang mineral, batubara dan panas bumi serta kegiatan Pusat Sumber Daya Geologi

Oleh : Wiwi Resmiasih

## PEDOMAN PENULISAN KARYA TULIS ILMIAH

Oleh : Redaksi

## POTENSI, PROSPEK DAN PENGUSAHAAN TIMAH PUTIH DI INDONESIA

Oleh

**Sabtanto Joko Suprpto**

Kelompok Program Penelitian Konservasi  
Pusat Sumber Daya Geologi

### SARI

Timah putih di alam dijumpai dalam bentuk cebakan primer dan sekunder. Cebakan sekunder merupakan sumber daya utama, yaitu berupa cebakan letakan terdapat pada tanah residu dari cebakan primer, dan berupa cebakan aluvial darat maupun lepas pantai. Pengusahaan timah putih telah berlangsung ratusan tahun, dengan meninggalkan wilayah bekas tambang yang umumnya sampai saat ini masih diusahakan kembali oleh masyarakat maupun pelaku usaha pertambangan skala kecil maupun besar.

Penambangan di lepas pantai dengan kapasitas jangkauan kedalaman terbatas sekitar 50 meter, masih meninggalkan sumber daya yang terdapat pada kedalaman yang lebih besar. Kebutuhan dunia yang meningkat disertai kecenderungan harga yang terus meningkat sangat tajam menyebabkan cut off grade (COG) semakin turun, sebagai akibatnya sumber daya kadar rendah mempunyai nilai ekonomi untuk diusahakan. Pengusahaan sumber daya timah putih dapat dilakukan dengan peralatan sangat sederhana, atau menggunakan teknologi tinggi, sehingga dapat digunakan untuk lahan pengembangan usaha pertambangan rakyat skala kecil maupun usaha pertambangan skala besar.

Indonesia sebagai negara eksportir timah putih terbesar di dunia, berpeluang untuk menjadi pengendali harga timah di pasar dunia. Pemanfaatan timah putih untuk konsumsi domestik yang lebih besar akan memberikan nilai tambah berganda dan efek berganda terhadap pertumbuhan industri di dalam negeri dan penyediaan lapangan kerja.

### ABSTRACT

*Tin in nature can be found in the form of primary and secondary deposits. Secondary deposits constitute main resources, namely as placer deposits occurred in residual soil of primary deposits and either in the form of land alluvial deposits or marine deposits. Tin exploitation has been going on for hundreds of years and leave the remain of tin mines which up to this time generally still being re-exploited either by local people or mining entrepreneur of small and big scales. Offshore mining with limited capacity of the depth reach of about 50 meters still leave resources occurred at a greater depth. Increasing of the world demand and also a very straight sharp trend of the price causing cut off grade getting more decreasing which give rise to the low grade resources to be economically exploited. Exploitation of tin resources can be conducted using very simple equipment or high technology so that it can be utilized for development of people mining or big scale mining.*

*Indonesia as the greatest tin exporter country in the world has an opportunity to become a tin price controller in the world market. Utilization of tin for a bigger domestic consumption will give a double added value and multiple effects to domestic industrial growth and supply of work.*

### PENDAHULUAN

Timah putih (Sn) adalah logam berwarna putih keperakan, dengan kekerasan yang rendah, berat jenis 7,3, serta mempunyai sifat konduktivitas panas dan listrik yang tinggi. Logam timah putih bersifat mengkilap dan mudah dibentuk. Timah diperoleh terutama dari mineral

kasiterit yang terbentuk sebagai oksida, tidak mudah teroksidasi, sehingga tahan karat (<http://id.wikipedia.org>). Sebaran timah putih di Indonesia berada pada bagian Jalur Timah Asia Tenggara, jalur timah terkaya di dunia yang membentang mulai dari bagian selatan China, Thailand, Birma, Malaysia sampai Indonesia.

Indonesia sebagai produsen timah putih terbesar dunia, mengalami pasang surut dalam pengusahaan pertambangan timah putih. PT. Timah yang merupakan produsen timah terbesar, pada awal tahun 1990an melakukan restrukturisasi dengan melakukan pengurangan jumlah karyawan serta melepas sebagian wilayah izin usaha pertambangannya. Akan tetapi dengan meningkatnya harga timah di pasaran dunia pada beberapa tahun terakhir, serta masih banyaknya sumberdaya timah yang masih tersisa di alam; maka bekas wilayah usaha pertambangan timah yang telah ditutup sebagian kembali diusahakan oleh pelaku usaha pertambangan timah putih maupun masyarakat.

Pengusahaan timah putih telah berlangsung sekitar 200 tahun, yaitu sejak pendudukan oleh Belanda. Setelah kemerdekaan, pengusahaan dilanjutkan oleh PT. Timah dan PT. Koba Tin, yang menjalankan operasinya terutama di Pulau Karimun, Kundur, Singkep, Belitung, dan Bangka, penambangan dilakukan baik di darat maupun lepas pantai.

Prospek pengusahaan timah masih cukup menjanjikan, banyak perusahaan lokal yang mulai melakukan usaha pertambangan timah putih. Bahkan penambangan oleh masyarakat setempat dengan peralatan sederhana marak dilakukan di wilayah pulau-pulau penghasil timah tersebut di atas.

## SEJARAH PERTAMBANGAN

Dalam sejarah peradaban manusia, timah putih merupakan salah satu logam yang dikenal dan digunakan paling awal. Timah digunakan sejak 3.500 tahun sebelum masehi untuk logam paduan. Sebagai logam murni digunakan sejak 600 tahun sebelum masehi. Sekitar 35 negara menghasilkan timah putih untuk memenuhi kebutuhan dunia (<http://minerals.usgs.gov>).

Kegiatan pertambangan timah putih di Indonesia telah dilakukan sejak ratusan tahun yang lalu. Penggunaan timah putih untuk bahan uang koin oleh Kesultanan Palembang telah berlangsung lama, yaitu dengan diketemukannya koin uang logam timah putih dengan tertera tahun 1091 H. Uang koin ditemukan terbuat dari timah putih, tertulis Masruf fi Balad Palembang 1091 dan koin Sultan Fi Balad Palembang

1113. Koin ini dibuat pada masa pemerintahan Sultan Abdurrahman Khalifatul Mukminin Saidul Iman. Dijumpai beberapa seri koin, ada yang tertulis tahun 13, 113, dan 1113 dengan bentuk yang sama tapi berbeda cara penulisan tahun.

Sebagian besar uang koin Kesultanan Palembang terbuat dari timah putih. Hal ini karena bahan baku inilah yang banyak ditemukan di wilayah Kesultanan Palembang, yaitu Bangka dan Belitung. Koin terbuat dari timah lebih cepat rusak, mudah aus, dan patah (Muhibat, 2007).

Pulau Bangka tidak begitu besar, dekat dengan Sumatera. Nama Bangka dikenal pada abad ke-7, ketika ditemukan prasasti Kotakapur di muara sungai Mendu, Bangka Barat. Prasasti ini adalah peninggalan Kerajaan Sriwijaya. Pada prasasti tertulis kata Vanca, yang berarti timah. Kata inilah yang kemudian diyakini sebagai asal kata Bangka.

Berdasarkan temuan tersebut, para ahli pertambangan meyakini di Pulau Bangka terdapat deposit timah dalam jumlah besar. Timah pertama kali ditemukan di Pulau Bangka pada sekitar tahun 1709 melalui penggalian di Sungai Olin di Kecamatan Toboali oleh orang-orang Johor, Malaysia. Sejak saat itu, maka Pulau Bangka mulai terkenal sebagai daerah penghasil timah putih (Muhibat, 2007).

Catatan lain menyebutkan pertambangan timah dimulai Kesultanan Palembang sejak tahun 1850 dan berlangsung di bawah Pemerintah Kolonial Belanda. Di masa kolonial Belanda, pertambangan timah Bangka dikelola oleh badan usaha milik pemerintah bernama Banka Tin Winning Bedrijf (BTW); sementara di P. Belitung dan P. Singkep dilakukan oleh perusahaan swasta Belanda, masing-masing Gemeenschappelijke Mijnbouw Maatschappij Biliton (GMB) dan NV. Singkep Tin Exploitatie Maatschappij (NV. SITEM).

Setelah kemerdekaan Negara RI yaitu antara tahun 1953 - 1958, ketiga perusahaan di atas dinasionalisasikan menjadi tiga Perusahaan Negara terpisah. Pada tahun 1961 dibentuk Badan Pimpinan Umum Perusahaan Tambang-tambang Timah Negara (BPU PN Tambang Timah) untuk mengkoordinasikan ketiga perusahaan dimaksud dan pada tahun 1968 keempat perusahaan tersebut digabungkan menjadi satu

perusahaan bernama Perusahaan Negara (PN) Tambang Timah (<http://timah.com>).

Pada tahun 1950an timah putih merupakan hasil pertambangan yang memberikan kontribusi kedua sesudah minyak bumi. Sebagian besar produksi timah putih Indonesia saat itu berasal dari Bangka, lainnya berasal dari Belitung dan Singkep. Keadaan di pasar dunia pada pertengahan tahun 1950an menunjukkan akan kebutuhan timah yang meningkat, sehingga memberikan sedikit dorongan ke arah perluasan pertambangan timah (Bappenas, 1955).

Pada tahun 1976, berdasarkan Undang-Undang No.9 Tahun 1969 dan Peraturan Pemerintah No.19 Tahun 1969; status PN.Tambang Timah dan Proyek Peleburan Timah Mentok diubah menjadi bentuk Perusahaan Perseroan (Persero) dengan kepemilikan seluruh saham oleh Negara Republik Indonesia, dan berubah nama menjadi PT Tambang Timah (Persero). Pada tahun 1995 status PT Timah menjadi PT Timah Tbk, dengan struktur kepemilikan 35% saham perusahaan dimiliki oleh masyarakat dalam dan luar negeri, dan 65% saham dimiliki oleh Negara Republik Indonesia.

Saat ini PT.Timah Tbk dikenal sebagai perusahaan penghasil logam timah terbesar di dunia dan sedang dalam proses pengembangan usaha di luar penambangan timah dengan tetap berpijak pada kompetensi yang dimiliki. Seiring bergulirnya era otonomi daerah dan semakin meningkatnya harga timah di pasaran dunia, maka kegiatan usaha pertambangan semakin marak. Hal ini berdampak terhadap wilayah usaha pertambangan timah PT Timah yang ketika restrukturisasi dilepas, maka oleh pelaku usaha pertambangan setempat kembali diusahakan. Bahkan sebagian telah ditambang kembali oleh masyarakat dengan cara semprot maupun dengan menggunakan alat sangat sederhana berupa saringan, dulang dan sekop.

## MULAJADI

Timah merupakan logam dasar terkecil yang diproduksi, yaitu kurang dari 300.000 ton per tahun, apabila dibandingkan dengan produksi aluminium sebesar 20 juta ton per tahun ([www.timah.com](http://www.timah.com)).

Timah putih merupakan unsur langka, kelimpahan rata-rata pada kerak bumi sekitar 2 ppm, dibandingkan dengan seng yang mempunyai kadar rata-rata 94 ppm, tembaga 63 ppm dan timah hitam 12 ppm. Sebagian besar (80%) timah putih dunia dihasilkan dari cebakan letakan (aluvial), sekitar setengah produksi dunia berasal dari Asia Tenggara. Mineral ekonomis penghasil timah putih adalah kasiterit ( $\text{SnO}_2$ ), meskipun sebagian kecil dihasilkan juga dari sulfida seperti stanit, silindrit, frankeit, kanfieldit dan tealit (Carlin, 2008).

Muljadi timah di daerah jalur timah yang membentang dari Pulau Kundur sampai Pulau Belitung dan sekitarnya diawali dengan adanya intrusi granit yang berumur  $\pm 222$  juta tahun pada Trias Atas. Magma bersifat asam mengandung gas  $\text{SnF}_4$ , melalui proses pneumatolitik hidrotermal menerobos dan mengisi celah retakan, dimana terbentuk reaksi:  $\text{SnF}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SnO}_2 + \text{HF}_2$  (Pamungkas, 2006).

Cebakan bijih timah merupakan asosiasi mineralisasi Cu, W, Mo, U, Nb, Ag, Pb, Zn, dan Sn. Busur metalogenik terbentuknya timah 100 - 1000 km. Terdapat tiga tipe kelompok asosiasi mineralisasi timah putih, yaitu stanniferous pegmatites, kuarsa-kasiterit (Gambar 1) dan sulfida-kasiterit (Taylor, 1979). Urat kuarsa-kasiterit, stockworks dan greisen terbentuk pada batuan beku granitik plutonik, secara gradual terbentuk stanniferous pegmatites yang ke arah dangkal terbentuk urat kuarsa-kasiterit dan greisen (Taylor, 1979). Urat berbentuk tabular atau tubuh bijih berbentuk lembaran mengisi rekahan atau celah (Strong, 1990). Tipe kuarsa-kasiterit dan greisen merupakan tipe mineralisasi utama yang membentuk sumber daya timah putih pada jalur timah yang menempati Kepulauan Riau hingga Bangka-Belitung. Jalur ini dapat dikorelasikan dengan "Central Belt" di Malaysia dan Thailand (Mitchel, 1979).

Mineral utama yang terkandung di dalam bijih timah berupa kasiterit, sedangkan pirit, kuarsa, zirkon, ilmenit, galena, bismut, arsenik, stibnit, kalkopirit, xenotim, dan monasit merupakan mineral ikutan (<http://www.tekmira.esdm.go.id>). Timah putih dalam bentuk cebakan dijumpai dalam dua tipe, yaitu cebakan bijih timah primer dan sekunder. Pada tubuh bijih primer, kandungan kasiterit terdapat pada urat maupun dalam bentuk tersebar.



Gambar 1. Singkapan cebakan timah putih primer tipe urat kuarsa-kasiterit, di Pulau Singkep

Proses oksidasi dan pengaruh sirkulasi air yang terjadi pada cebakan timah primer pada atau dekat permukaan menyebabkan terurainya penyusun bijih timah primer. Proses tersebut menyebabkan juga terlepas dan terdispersinya timah putih, baik dalam bentuk mineral kasiterit maupun berupa unsur Sn.

Proses pelapukan, erosi, transportasi dan sedimentasi yang terjadi terhadap cebakan bijih timah putih primer menghasilkan cebakan timah sekunder, yang dapat berada pada tanah residu maupun letakan sebagai endapan kolumial, kipas aluvial, aluvial sungai maupun aluvial lepas pantai. Tubuh bijih primer yang berpotensi menghasilkan sumber daya cebakan timah letakan ekonomis adalah yang mempunyai dimensi sebaran permukaan erosi luas sebagai sumber dispersi.

## KEGUNAAN

Penggunaan timah untuk paduan logam telah berlangsung sejak 3.500 tahun sebelum masehi, sebagai logam murni digunakan sejak 600 tahun sebelum masehi. Kebutuhan timah putih dunia setiap tahun sekitar 360.000 ton. Logam timah putih bersifat mengkilap, mudah dibentuk dan dapat ditempa (malleable), tidak mudah teroksidasi dalam udara sehingga tahan karat. Kegunaan timah putih di antaranya untuk melapisi logam lainnya yang berfungsi mencegah karat, bahan solder, bahan kerajinan untuk cendera mata, bahan paduan logam, casing telepon genggam. Selain itu timah digunakan juga pada industri farmasi, gelas, agrokimia, pelindung kayu, dan penahan kebakaran.

Timah merupakan logam ramah lingkungan, penggunaan untuk kaleng makanan tidak berbahaya terhadap

kesehatan manusia. Kebanyakan penggunaan timah putih untuk pelapis/pelindung, dan paduan logam dengan logam lainnya seperti timah hitam dan seng. Konsumsi dunia timah putih untuk pelat menyerap sekitar 34% untuk solder 31%.

Timah yang dihasilkan dari pertambangan PT. Timah berupa :

- ❖ Banka Tin (kadar Sn 99,9%)
- ❖ Mentok Tin (kadar Sn 99,85%)
- ❖ Banka Low Lead (Banka LL) terdiri atas :  
Banka LL100ppm, Banka LL50 ppm, Banka LL40ppm, Banka LL80ppm, Banka LL200ppm
- ❖ Banka Four Nine (kadar Sn 99,99%)

Berdasarkan bentuk dapat dibedakan atas:

- ❖ Banka Small Ingot
- ❖ Banka Tin Shot
- ❖ Banka Pyramid
- ❖ Banka Anoda (<http://timah.com>)

## POTENSI

Potensi timah putih di Indonesia tersebar sepanjang kepulauan Riau sampai Bangka Belitung, serta terdapat di daratan Riau (Gambar 2) yaitu di Kabupaten Kampar dan Rokan Ulu. Sumber daya timah putih yang telah diusahakan merupakan cebakan sekunder, baik terdapat sebagai tanah residu dari cebakan primer, maupun letakan sebagai aluvial darat dan lepas pantai.



Gambar 2. Jalur sebaran timah putih (<http://timah.com>)

Endapan aluvial darat mempunyai pola sebaran memanjang mengikuti lembah sungai yang masih aktif maupun sungai purba, menerus ke arah lepas pantai membentuk pola yang menunjukkan arah dispersi dari cebakan primer tertransport melalui media air, membentuk endapan aluvial darat menerus ke arah lepas pantai. Pola sebaran memanjang mengikuti lembah aluvial daratan menerus ke arah lepas pantai, dengan komponen penyusun umumnya mengandung kerikil sampai berangkal kuarsa memberikan gambaran akan kemungkinan terbentuk pada saat susut laut (Rohmana dkk, 2008).

Harga timah putih yang sangat rendah pada akhir tahun 1980an sampai pertengahan 1990an mengakibatkan sebagian wilayah usaha pertambangan ditutup, dengan menyisakan sumber daya yang masih signifikan untuk saat ini kembali diusahakan. Potensi sumber daya timah putih masih sangat prospektif untuk diusahakan, baik timah pada endapan in-situ yang belum pernah dimanfaatkan, maupun yang terkandung pada tailing tambang lama.

Penambangan timah putih lepas pantai, selama ini menggunakan kapal keruk yang mempunyai kapasitas dapat menjangkau kedalaman 15-50 meter (<http://timah.com>). Sumber daya timah putih dengan sebaran berada pada kedalaman dari permukaan air lebih dari 50 meter atau kurang dari 15 meter tidak tertambang. Penggunaan kapal hisap yang mempunyai kapasitas dapat menjangkau kedalaman lebih dari 50 meter memberikan peluang untuk mengusahakan endapan timah putih lepas pantai tersebut. Selain itu endapan pada lepas pantai yang dangkal kurang dari 15 meter dapat diusahakan oleh masyarakat atau untuk pertambangan skala kecil. Mengingat hal tersebut, maka aktifitas eksplorasi untuk mendapatkan sumber daya timah putih khususnya endapan lepas pantai kembali marak dilakukan akhir-akhir ini (Gambar 3).



Gambar 3. Kapal eksplorasi untuk pengeboran cebakan timah aluvial di lepas pantai Dabo

Kadar timah terendah ekonomis (cut off grade) pada tahun 2007 untuk endapan timah aluvial pada kisaran kadar 0.01% Sn, atau cebakan bijih timah primer dengan kadar sekitar 0.1% Sn (<http://sn-tin.info/production.html>). Akan tetapi dengan kecenderungan harga yang terus meningkat disertai konsumsi dunia yang meningkat juga, mengakibatkan cut off grade (COG) cenderung menurun, oleh karena itu sumber daya timah dengan kadar rendah yang pada masa lalu tidak ekonomis diusahakan, dapat menjadi cadangan yang mempunyai nilai ekonomi. Peningkatan jumlah status sumber daya menjadi cadangan tersebut dapat memberikan peluang pengembangan cebakan timah yang pada beberapa wilayah telah dilakukan pengakhiran tambang.

Pada neraca Pusat Sumber Daya Geologi, tahun 2007, tercatat sumber daya timah putih berupa bijih sebesar 4.037.304 ton, atau dalam bentuk logam 622.626 ton, cadangan bijih mempunyai nilai ekonomi 543.796 ton, atau berupa logam 442.763 ton. Potensi tersebut terdapat pada daerah-daerah penghasil timah utama meliputi Bangka, Belitung, Kundur dan Kampar. Sedangkan perkembangan akhir-akhir ini dengan kegiatan eksplorasi yang semakin intensif, temuan sumber daya timah akan meningkat.

Pulau Singkep pada masa lalu termasuk produsen timah yang besar, pada awal tahun 1990an dilakukan pengakhiran tambang, dengan masih menyisakan sumber daya timah. Kegiatan eksplorasi dan penambangan kembali marak pada beberapa tahun terakhir. Wilayah bekas tambang PT. Timah hampir seluruhnya kembali diusahakan oleh beberapa perusahaan lokal dan masyarakat.

Pulau Bintan yang belum menghasilkan Timah, mempunyai sumber daya timah meskipun dalam skala yang tidak besar. Demikian juga wilayah lain pada sepanjang jalur timah yang meliputi Provinsi Kepulauan Riau, Bangka Belitung, serta sekitar Kabupaten Kampar dan Rokan Ulu Provinsi Riau, potensial untuk kemungkinan ditemukannya sumber daya atau cadangan baru. Terutama sumber daya skala kecil di daratan, dan sumber daya lepas pantai yang belum terjangkau oleh kapal keruk.



Mineral yang terkandung di dalam bijih timah berupa kasiterit sebagai mineral utama, pirit, kuarsa, zircon, ilmenit, plumbum, bismut, arsenik, stibnit, kalkopirit, kuprit, senotim, dan monasit merupakan mineral ikutan. Mineral-mineral ikutan pada bijih timah akan terpisahkan pada proses pengolahan, sehingga berpotensi menjadi produk sampingan.

## PENAMBANGAN

Penambangan timah putih dilakukan dengan beberapa cara, yaitu semprot, penggalian dengan menggunakan excavator, atau menggunakan kapal keruk untuk penambangan endapan aluvial darat yang luas dan dalam serta endapan timah lepas pantai. Penggunaan kapal keruk terutama dilakukan oleh PT Timah, yang banyak melakukan penambangan cebakan timah aluvial lepas pantai. Kapal keruk dapat beroperasi untuk penambangan cebakan timah aluvial lepas pantai yang berada pada kedalaman sekitar 15 meter sampai dengan 50. Penambangan menggunakan cara semprot dilakukan terutama pada endapan timah aluvial darat dengan sebaran tidak luas dan relatif dangkal.

Penambangan dengan menggunakan shovel/excavator dilakukan untuk menggali cebakan timah putih tipe residu, yang merupakan tanah lapukan bijih primer, umumnya berada pada lereng daerah perbukitan (Gambar 4).



Gambar 4. Bekas penggalian tanah residu mengandung timah putih, tidak direklamasi, Pulau Singkep

Penambangan oleh masyarakat umumnya dilakukan dengan cara semprot. Banyak juga penambangan dalam skala kecil terdiri dari satu atau dua orang, menggunakan peralatan sangat sederhana berupa sekop, saringan dan dulang, seperti penambangan oleh masyarakat di lepas pantai timur Pulau Singkep menggunakan sekop dengan panjang sekitar 2,5 meter, dan dilakukan pada saat air laut surut (Gambar 5 dan 15). Penambangan banyak dilakukan pada wilayah bekas tambang dan sekitarnya. Bahkan tailing yang semula dianggap sudah tidak ekonomis, kembali diolah untuk dimanfaatkan kandungan timah putihnya. Penambangan oleh masyarakat di lepas pantai selain menggunakan peralatan manual sederhana, menggunakan juga pompa hisap dan perahu (Gambar 6).



Gambar 5. Pendulangan pasir timah, dan penambangan menggunakan sekop (titik-titik kehitaman di kejauhan), lepas pantai timur Pulau Singkep



Gambar 6. Penambangan timah pada areal telah direklamasi dan di lepas pantai (dari Z. Herman dkk, 2005)

## PENGOLAHAN

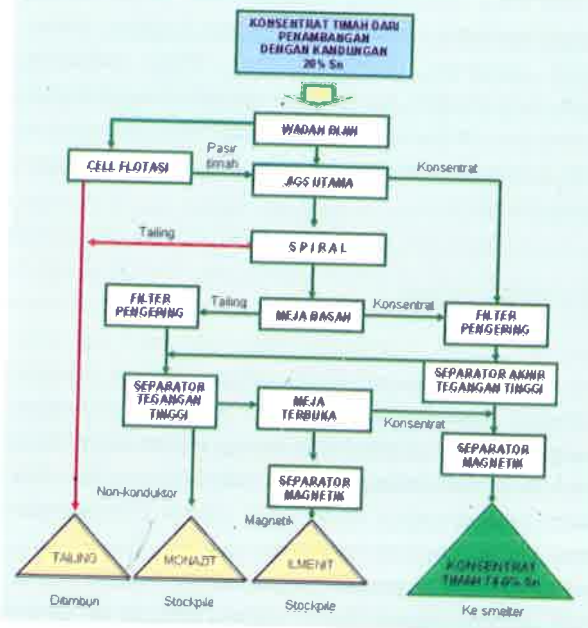
Untuk menghasilkan pasir timah kadar tinggi melalui beberapa tahapan proses pengolahan. Pasir timah di alam masih tercampur dengan butiran mineral-mineral lain. Timah dalam bentuk mineral kasiterit dipisahkan dari pengotor berupa mineral ringan dengan pemisahan fisik secara gravitasi. Pemisahan dilakukan dengan menggunakan sluice box, spiral, dan meja goyang (Gambar 7 dan 16). Pemisahan mineral bersifat magnetik dan bukan magnetik menggunakan separator magnetik. Pemisahan mineral bersifat konduktor dan bukan konduktor menggunakan separator tegangan tinggi.

Proses untuk meningkatkan kadar bijih timah atau konsentrat yang berkadar rendah, dilakukan di Pusat Pencucian Bijih Timah (Washing Plant). Melalui proses tersebut bijih timah dapat ditingkatkan kadar (grade) Sn-nya dari 20 - 30% Sn menjadi 72% Sn untuk memenuhi persyaratan peleburan. Proses peningkatan kadar bijih timah yang berasal dari penambangan di lepas pantai maupun di darat diperlukan untuk mendapatkan produk akhir berupa logam timah berkualitas dengan kadar Sn yang tinggi dengan kandungan pengotor (impurities) yang rendah (Gambar 8).

Hasil pemisahan konsentrat, selain diperoleh kasiterit untuk dilebur, diperoleh juga mineral-mineral ikutan. Mineral-mineral terutama zirkon, monasit, ilmenit dan xenotim merupakan produk sampingan dari hasil pemisahan secara fisik yang mempunyai prospek ekonomi untuk dimanfaatkan. Pemisahan kasiterit dari pengotor, meningkatkan nilai ekonomi mineral ikutan tersebut, meskipun belum semua mineral ikutan, ekonomis untuk dimanfaatkan. Pada kegiatan usaha pertambangan PT Timah dan PT Koba Tin, penanganan mineral ikutan yang belum dimanfaatkan dengan menyimpan pada stock pile.



Gambar 7. Meja goyang untuk pemisahan mineral berat, Koba, Bangka Tengah



Gambar 8. Bagan alir proses pencucian dan pemurnian pasir timah (modifikasi dari Herman dkk, 2005)

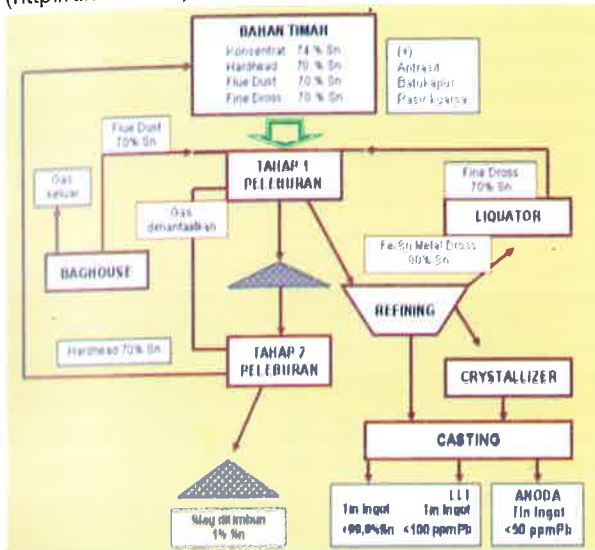
## PELEBURAN

Konsentrat hasil dari proses pemisahan mempunyai kadar Sn 72%, selanjutnya dilebur pada smelter timah putih. Bijih timah setelah dipampatkan lalu dipanggang sehingga arsen dan belerang dipisahkan dalam bentuk oksida-oksida yang mudah menguap. Kemudian bijih timah yang sudah dimurnikan itu direduksi dengan karbon. Timah cair yang terkumpul di dasar tanur kemudian dialirkan ke dalam cetakan untuk memperoleh timah batangan (Gambar 9 dan 10).

PT Timah mengoperasikan 8 tanur dan 2 single stage furnace (SSF), 7 tanur berada di daerah Mentok, Bangka dan 1 tanur berada di daerah Kundur. Proses peleburan merupakan proses melebur bijih timah menjadi logam Timah. Untuk mendapatkan logam timah dengan kualitas yang lebih tinggi, maka harus dilakukan proses pemurnian terlebih dahulu dengan menggunakan suatu alat pemurnian yang disebut crystallizer (Gambar 9).

Produk yang dihasilkan berupa logam timah dalam bentuk balok atau batangan dengan sekala berat antara 16 kg sampai dengan 26 kg per batang (Gambar 10). Produk yang dihasilkan juga dapat dibentuk

sesuai permintaan konsumen dan mempunyai merek dagang yang terdaftar di London Metal Exchange (LME), (<http://timah.com>).



Gambar 9. Bagan alir proses peleburan timah putih (modifikasi dari Herman dkk, 2005)



Gambar 10. Pencetakan batangan timah putih, Koba, Bangka Tengah

## PEMASARAN

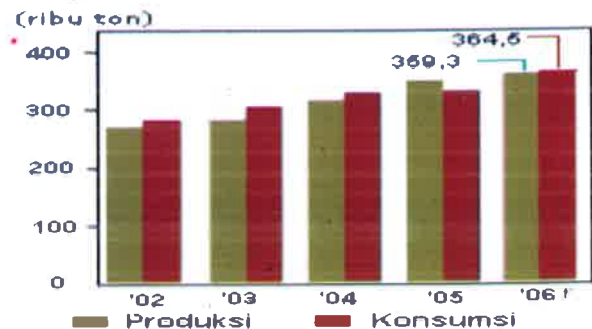
Pemasaran timah putih mencakup kegiatan penjualan dan pendistribusian logam timah. Pendistribusian logam timah hampir 95% untuk memenuhi pasar di luar negeri atau ekspor dan hanya sebesar 5% untuk memenuhi pasar domestik. Negara tujuan ekspor logam timah putih antara lain adalah Jepang, Korea, Taiwan, Cina dan Singapura,

Inggris, Belanda, Perancis, Spanyol, Italia, Amerika Serikat dan Kanada.

Perdagangan timah putih di LME dilakukan sejak tahun 1877. Di Indonesia pada tahun 1950an, timah putih merupakan basil pertambangan kedua sesudah minyak bumi. Sebagian besar produksi timah putih Indonesia saat itu berasal dari Bangka, selebihnya berasal dari Belitung dan Singkep. Keadaan di pasar dunia pada pertengahan tahun 1950an menunjukkan akan kebutuhan timah yang meningkat, sehingga memberikan dorongan ke arah perluasan pertambangan timah (<http://www.bappenas.go.id>).

Tipe pembeli logam timah dapat dikelompokkan atas pengguna langsung (end user) seperti industri untuk digunakan sebagai solder, atau industri pelat timah, serta pembeli pedagang besar (trader). Produk timah putih dari Indonesia mempunyai kualitas yang telah diterima oleh pasar internasional dan terdaftar dalam pasar bursa logam di London (London Metal Exchange). Kualitas setiap produk yang dihasilkan oleh perusahaan dijamin dengan sertifikat produk (weight and analysis certificate) yang berstandar internasional dan berpedoman kepada standar produk yang ditetapkan oleh LME, sehingga dapat diperdagangkan sebagai komoditas di pasar bursa logam (<http://timah.com>).

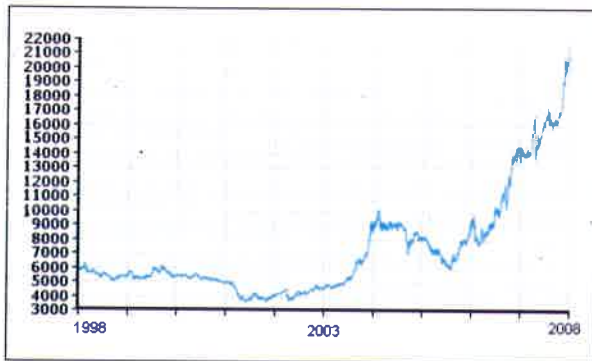
Indonesia merupakan negara eksportir timah terbesar di dunia. China sebagai produsen terbesar kedua setelah Indonesia, akan tetapi untuk memenuhi konsumsi dalam negerinya masih kurang. Meskipun pada tahun 1980an sampai awal tahun 2000an, harga timah cenderung rendah, akan tetapi dengan peningkatan kebutuhan dunia akan timah putih (Gambar 11 dan 12), mulai pertengahan tahun 2003 sampai saat ini harga timah putih meningkat sangat tajam (Gambar 13).



Gambar 11. Grafik produksi dan konsumsi timah putih dunia (Adnan, 2006)



Gambar 12. Grafik peningkatan konsumsi timah putih (Bishop dan Kettle, 2006).



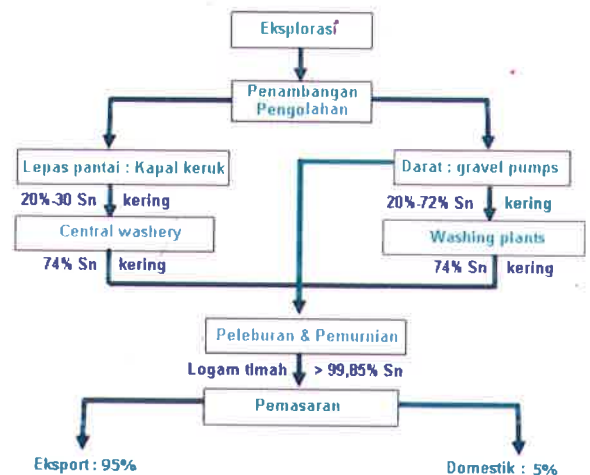
Gambar 13. Grafik perkembangan harga timah putih di bursa London (London Metal Exchange, 2008)

Kebutuhan dunia akan timah putih yang cenderung meningkat, disertai juga peningkatan harga, sementara sumber daya atau cadangan dunia semakin berkurang akan memberikan peluang yang besar dalam pemasaran produk timah. Bahkan kecenderungan harga yang membaik, serta posisi Indonesia sebagai eksportir terbesar dunia, mempunyai kapasitas untuk mengendalikan harga di pasar dunia.

## PROSPEK PENGUSAHAAN

Pada tahun lima puluhan, timah putih pernah menjadi komoditas hasil tambang kedua setelah minyak, yang memberikan kontribusi kepada pendapatan negara. Meskipun sejarah pertambangan timah telah berlangsung lebih dari dua ratus tahun, potensi sumber daya timah masih prospektif untuk diusahakan. Usaha pertambangan timah yang mulai dari kegiatan eksplorasi sampai pemasaran (Gambar 14), masih berlangsung intensif, meskipun kegiatan usaha tersebut telah

berlangsung cukup lama di Indonesia. Pertambangan timah masih memerlukan kegiatan eksplorasi untuk penemuan cadangan baru, khususnya endapan lepas pantai. Sumber daya dan cadangan yang telah terungkap belum mewakili keseluruhan endapan lepas pantai terutama yang berada pada kedalaman > 50 meter, serta potensi kadar rendah yang sehubungan dengan kenaikan harga yang tinggi menjadi berpotensi ekonomi.



Gambar 14. Bagan alir kegiatan usaha pertambangan timah putih PT. Timah (<http://timah.com>)

Kapasitas penambangan lepas pantai yang selama ini hanya menjangkau sampai kedalaman maksimal 50 meter, memerlukan kapal keruk atau kapal hisap yang dapat menjangkau kedalaman lebih besar. Penambangan dan pengolahan oleh masyarakat yang hanya mengambil kasiterit, tidak optimal, mengingat komoditas dari mineral ikutan terbuang bersama tailing. Pengolahan dengan proses pemisahan menggunakan peralatan yang lengkap akan memberikan nilai tambah berupa mineral ikutan yang terproses dan dipisahkan menjadi komoditas produk sampingan (Gambar 7). Kebutuhan dunia akan timah putih yang terus meningkat, yang dilatarbelakangi oleh pengurangan penggunaan timah hitam di negara maju, dan peningkatan konsumsi untuk berbagai kebutuhan telah memberikan dampak kenaikan harga yang signifikan dan cenderung masih terus meningkat.

Produksi timah Indonesia yang tinggi, tidak seluruhnya dalam bentuk logam timah (Tabel 1). Belum seluruh timah yang dihasilkan dilakukan peleburan menggunakan smelter yang ada di dalam negeri (Tabel 2). Kapasitas peleburan yang belum mampu menampung seluruh

produksi pasir timah, maka masih memerlukan lagi peningkatan kapasitas smelter atau pembangunan smelter timah yang baru.

Indonesia sebagai eksportir timah terbesar dunia mempunyai peluang untuk menjaga atau mengendalikan harga timah putih di pasar dunia. Hal ini perlu dikelola secara optimal untuk menjaga dan melindungi kegiatan usaha pertambangan agar dapat menghasilkan kontribusi pada pembangunan yang lebih optimal.

Tabel 1. Produksi timah putih dunia tahun 2005 (Adnan, 2006)

Negara	Produksi (ton/tahun)
Indonesia	120.000
China	119.500
Peru	42.100
Bolivia	18.500
Brazil	12.600
Rusia	5.100
Vietnam	3.500
Malaysia	3.000
Lain-lain	6.000

Tabel 2. Produksi smelter dunia tahun 2005 (Adnan 2006)

Smelter	Asal	Produksi (ton)
MSC Group & PT Koba	Malaysia & Indonesia	58.300
Yunnan Tin PT Timah	China Indonesia	42.700 40.100
Minsur	Peru	38.200
Thaisarco	Thailand	31.500
Yunnan Chengfeng	China	12.600
CM Colquiri	Bolivia	11.800
Ijuzhou China Tin	China	11.400
Gejui Zi-Li	China	10.400

Tidak semua sumber daya timah dapat diusahakan dengan menggunakan peralatan dengan

kapasitas besar. Sumber daya atau cadangan sekala kecil dapat untuk pengembangan usaha pertambangan timah sekala kecil, khususnya pertambangan rakyat.

Sumber daya timah yang masih besar memerlukan kegiatan eksplorasi rinci untuk peningkatan status menjadi cadangan. Konsumsi dunia yang meningkat berdampak kurang terpenuhinya kebutuhan akan timah putih. Kebutuhan akan peningkatan kapasitas smelter di dalam negeri merupakan keharusan untuk menghindari penjualan bahan mentah berupa pasir timah dengan nilai tambah ekonomi sangat rendah. Dengan latar belakang tersebut usaha pertambangan timah dari hulu sampai hilir prospektif dilakukan, dimana Indonesia sebagai negara eksportir terbesar dunia dapat berperan mengendalikan harga.

## PEMBAHASAN

Sumber daya timah putih yang tersebar dari sekitar Pulau Kundur sampai Belitung baik berupa endapan in-situ maupun sudah terganggu keberadaannya mempunyai peluang untuk diusahakan. Keterdapatannya pada wilayah bekas tambang cukup prospektif mengingat beberapa wilayah bekas tambang mempunyai latar belakang ketika pengakhiran tambang tidak disebabkan oleh habisnya sumber daya timah, akan tetapi akibat anjloknya harga timah yang menyebabkan pengakhiran aktifitas pada beberapa wilayah tambang.

Sumber daya timah di lingkungan darat yang masih tersisa umumnya mempunyai dimensi yang relatif kecil, sehingga layak untuk lahan usaha pertambangan rakyat, atau pertambangan sekala kecil. Sumber daya lepas pantai terutama pada kedalaman kurang dari 15 meter atau lebih besar 50 meter umumnya belum dimanfaatkan, sehingga peningkatan kapasitas kapal keruk atau kapal hisap untuk dapat menjangkau kedalaman lebih besar, akan dapat menjangkau sumber daya pada laut dalam tersebut. Sumber daya pada daerah dangkal dapat digunakan untuk pertambangan sekala yang lebih kecil.

Sebagai produsen dan negara eksportir timah putih terbesar di dunia, memberikan peluang Indonesia untuk dapat ikut mengendalikan harga timah dunia. Sehingga peluang pengusaha timah untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam jangka panjang sangat prospektif di Indonesia. Kecenderungan harga yang meningkat memberikan nilai ekonomi sumber daya timah meningkat, sehingga menyebabkan cut off grade (COG) cenderung turun. Akibat dari kondisi tersebut cadangan ekonomis meningkat seiring dengan turunnya COG.

Kadar rendah yang sebelumnya tidak layak diusahakan menjadi bernilai ekonomis, bahkan tailing dari penambangan yang telah berlangsung lebih dari 200 tahun sebagian diusahakan kembali oleh masyarakat.

Nilai tambah berganda dari pemanfaatan timah putih akan lebih besar apabila produksi timah tidak semata-mata untuk memenuhi kebutuhan konsumsi ekspor. Pemanfaatan domestik yang lebih besar akan lebih memberikan efek berganda dari pemanfaatan timah putih, sehingga dapat memberikan peluang berkembangnya industri dalam negeri serta menghasilkan kesempatan bekerja dan berusaha lebih luas.

## KESIMPULAN

Pengusahaan timah putih di Indonesia sangat prospektif. Usaha pertambangan timah masih memerlukan kegiatan dari hulu sampai hilir. Kegiatan eksplorasi terutama untuk endapan lepas pantai masih diperlukan. Demikian juga smelter yang ada di dalam negeri belum mampu menampung seluruh produksi konsentrat timah.

Pengusahaan timah putih di Indonesia yang telah berlangsung lebih dari 200 tahun, masih menyisakan sumber daya cukup besar. Akibat faktor keterbatasan kapasitas penambangan kapal keruk di lepas pantai yang selama ini dioperasikan hanya menjangkau sampai kedalaman 50 meter, sehingga sumber daya pada kedalaman lebih besar belum dimanfaatkan. Demikian juga sumber daya lepas pantai pada kedalaman air yang terlalu dangkal yang tidak dapat dilewati kapal keruk sehingga masih ada yang tersisa.

Semakin meningkatkan kebutuhan akan timah putih pada pasar dunia, menyebabkan juga peningkatan harga sangat tajam. Sebagai akibatnya menurunkan nilai cut off grade dari cadangan timah. Sumber daya kadar rendah yang semula tidak mempunyai nilai ekonomi menjadi ekonomis untuk diusahakan.

## ACUAN

- Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung 2008., 2007. Neraca Sumber Daya Mineral Tahun 2007.  
Adnan, H., 2006. Strong Demand to Keep Tin Prices High, <http://biz.thestar.com.my>  
Bishop, D., dan Kettle, P., 2006. Global Tin Consumption Tops 1,000 Tonnes Per Day. ITRI  
Carlin, F., 2008. Mineral Information, USGS, <http://minerals.usgs.gov/minerals/>  
Herman, D. Z., Suhandi, Fujiyono, H., dan Putra, C., 2005. Pemantauan dan Evaluasi Konservasi di Kabupaten Bangka

Sumber daya dengan dimensi skala kecil yang tersisa di darat dapat digunakan untuk pengembangan pertambangan rakyat yang dapat diusahakan dengan sistem tambang semprot. Demikian juga sumber daya pada lepas pantai pada daerah dangkal yang tidak terjangkau kapal keruk atau kapal hisap, dapat diusahakan oleh masyarakat atau tambang skala kecil menggunakan peralatan lebih sederhana.

Turunnya harga timah pada tahun 1980an sampai tahun 1990an memberikan efek pada peningkatan nilai cut off grade, sehingga kadar rendah nilai tertentu yang semula ekonomis menjadi tidak ekonomis untuk diusahakan, sehingga masih tertinggal. Pengakhiran kegiatan pertambangan pada sejumlah wilayah pada awal tahun 1990an telah menyisakan sumber daya yang belum dimanfaatkan.

Harga timah yang semakin membaik, dan peluang Indonesia untuk menjadi pengendali harga timah pada pasar dunia, serta meningkatnya status kadar rendah menjadi ekonomis memberikan peluang prospektif bagi pengusahaan pertambangan timah. Masih rendahnya konsumsi timah pada pasar domestik di bandingkan ekspor, merupakan indikator bahwa pemanfaatan timah masih sebatas penjualan bahan setengah jadi yang mempunyai nilai tambah belum optimal. Indonesia sebagai produsen timah putih terbesar di dunia sangat berpeluang mengembangkan industri dengan mengandalkan bahan timah putih, agar didapatkan nilai tambah berganda berupa pengembangan sektor usaha ikutan yang lain dan penciptaan lapangan kerja.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih disampaikan kepada rekan-rekan di Kelompok Program Penelitian Konservasi atas bantuan dan kerjasamanya

Tengah, Provinsi Bangka Belitung, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung

Mithchel, A.M.G, 1979. Rift Subduction and Collision Tin Belts, Geol. Soc. Malaysia. Bull.vol.11

Muhibat, 2007. Koin Kuno; Mengungkap Sejarah Kesultanan Palembang Darussalam, Sriwijaya Pos, Palembang.

Pamungkas, P., 2006. Kajian Pertambangan Timah Kita, <http://klastik.wordpress.com/>

Rohmana, dan Suprpto, S.J., 2008. Penyelidikan Bahan Galian pada Wilayah Bekas Tambang, Pulau Singkep, Kabupaten Lingga, Provinsi Kepulauan Riau. Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung

Strong, D.F., 1990, A Model for Granophile Mineral deposits, Ore Deposit Models, Geoscience Canada, Ontario

Taylor, R.G., 1979. Geology of Tin Deposits. Elsevier Scientific Publishing Company, Canada

<http://id.wikipedia.org/wiki/Timah>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/tin/index.html>

<http://sn-tin.info/production.html>.

<http://timah.com/>

<http://www.bappenas.go.id/index.php>

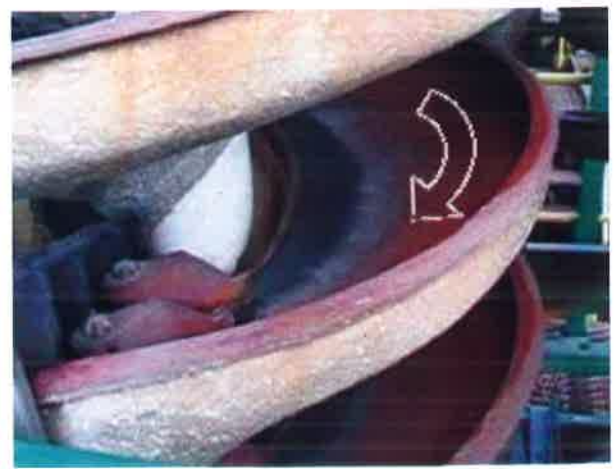
<http://www.tekmira.esdm.go.id/data/Timah/>



Gambar 15. Penambangan timah oleh masyarakat di lepas pantai timur Pulau Singkep dilakukan pada saat laut surut



(a)



(b)

Gambar 16. Pemisah mineral berat dan ringan sistem spiral (a) menggunakan media air, (b) aliran konsentrat, mineral berat berwarna gelap, dan mineral ringan berwarna cerah.

## POTENSI BAHAN BAKU SEMEN DI KAWASAN TIMUR INDONESIA

Oleh  
Herry Rodiana Eddy  
Kelompok Program Penelitian Mineral  
Pusat Sumber Daya Geologi

### SARI

Kekurangan pasokan semen di dalam negeri memang beralasan karena pertumbuhan konsumsi semen yang cukup tinggi selama lima tahun terakhir, apalagi dengan maraknya sektor properti dan sektor konstruksi akhir-akhir ini. Apabila lima tahun yang akan datang kebutuhan semen meningkat rata-rata 6-8% maka pada tahun 2010 kebutuhan semen nasional akan mencapai 47,9 juta ton, berarti melampaui kapasitas produksi semen nasional yang tercatat sebesar 47,49 juta ton. Investasi untuk membangun pabrik semen baru membutuhkan dana US\$ 138 per ton, sedangkan pembangunan fisik pabrik semen akan membutuhkan waktu sekitar 36 bulan, dan 1224 bulan untuk persiapan (studi kelayakan, AMDAL dan pendanaan). Apabila dikehendaki beroperasi penuh pada tahun 2010 maka kegiatan persiapan pembangunan pabrik semen seharusnya sudah dimulai dari tahun 2005-2006. Beberapa lokasi di Indonesia Timur yang mempunyai potensi bahan baku semen sebagai bahan pertimbangan tempat-tempat dirikannya pabrik semen yaitu Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Pasir (Provinsi Kalimantan Timur), Kabupaten Gorontalo (Provinsi Gorontalo), serta Kabupaten Fak-fak dan Kabupaten Manokwari (Provinsi Papua Barat). Bahan baku semen di beberapa lokasi di kawasan Indonesia Timur pada umumnya terdiri atas bahan baku utama batugamping dan lempung yang memenuhi persyaratan. Perlu dilakukan penelitian lebih rinci untuk menentukan sumber daya terukur agar memudahkan dalam melakukan studi kelayakan.

### ABSTRACT

*Shortage of domestic cement supply is due to highly increasing demand during the last five years in particularly property and construction sectors. With increasing need of average 6-8% cement in the next five years, though the national cement production is predicted to reach 47,9 million tons in 2010; it means exceeding the former production capacity which was recorded at 47,49 million tons. On the other hand, investment for developing a new established cement factory is about US\$ 138/ton, which takes time of 12-24 months for feasibility study and around 36 months to build it. With proposal of full operating factory in 2010, so the feasibility study should be started in 2005 or 2006. Some regencies of East Indonesia region such as Bulungan and Pasir (East Kalimantan Province), Gorontalo (Gorontalo Province), Fak-fak and Manokwari (West Papua Province) which have potential raw materials for cement may be suitable for locations of cement factories. Generally, those raw materials at the areas consist of appropriate mutual limestone and claystone for cement. Hence detail research should be done immediately for determining their measured resources in order to facilitate feasibility study.*

### 1. Pendahuluan

Hingga akhir tahun 2008, diperkirakan konsumsi semen mencapai 45 juta ton. Pada akhir 2007, penjualan semen hampir mencapai 42,2 juta ton. Apabila dibandingkan dengan negara lain, konsumsi semen per kapita penduduk Indonesia masih rendah. Konsumsi semen hanya sekitar 160 kilogram per kapita per tahun, sedangkan negara lain di kawasan Asia Tenggara di atas 200 kilogram per kapita per tahun (Tempo, 2007).

### Bahan Baku Semen

Semen terdiri dari dua jenis, yaitu semen portland dan semen pusolan. Semen portland (Natural cement) adalah campuran antara batugamping, lempung dan silika, setelah digerus dan dicampur dengan air menghasilkan semen bersifat keras. Sedangkan Semen pusolan (Pozzolan Cement), yaitu campuran gamping halus dan batuan gunungapi (tufa silikaan, abu



gunungapi) atau bahan lain yang kemudian dicampur dengan air menjadi bahan yang keras.

Semen portland adalah perekat hidrolis yang dihasilkan dari penggilingan klinker dengan bahan utamanya yaitu Kalsium Silikat ( $\text{CaSiO}_2$ ), dan satu atau dua bahan Kalsium Sulfat ( $\text{CaSO}_4$ ) sebagai bahan tambahan. Sesuai dengan fungsinya, bahan mentah dalam industri semen di bagi atas tiga kelompok yaitu :

### Bahan mentah utama (Raw Materials)

Bahan mentah ini merupakan bahan yang tidak bisa diganti kedudukannya dengan bahan lain, karena semen sebagian besar tersusun dari bahan ini, yaitu Batugamping dan Batulempung. Kedua bahan ini memegang peranan yang sangat penting karena pada bahan ini mineral calcareous ( $\text{CaCO}_3 > 75\%$ ) dan mineral argillaceous ( $\text{CaCO}_3 < 75\%$ ) terdapatnya atau berupa CaO. Pada adonan semen Batugamping mempunyai komposisi 70% - 75% dan Batulempung 15% - 20%.

### Bahan korektif (Corrective Materials)

Bahan korektif untuk pembuatan semen yaitu pasirbesi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan pasirkuarsa ( $\text{SiO}_2$ ). Komposisi untuk adonan semen dari kedua bahan ini termasuk unsur minor karena berjumlah paling kecil. Pasir kuarsa mempunyai komposisi 0,5% - 1,0% sedangkan pasirbesi 0,0% - 0,5% dari keseluruhan adonan semen. Bahan ini dipakai apabila terjadi kekurangan salah satu komponen pada pencampuran bahan-bahan mentah utama, misalnya kekurangan unsur CaO,  $\text{SiO}_2$  atau  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dalam adonan. Sedangkan pasirbesi kadang-kadang dapat diganti atau bahkan tidak dipergunakan sama sekali, apabila unsur yang terkandung di dalamnya sudah tersedia.

### Bahan tambahan (Additive Materials)

Bahan tambahan yaitu gipsum, yang ditambahkan pada saat pembuatan semen sedang berlangsung, dicampurkan pada klinker atau ditambahkan pada raw-mix. Komposisi gipsum dalam semen yaitu sekitar 4%-6% dari keseluruhan bahan semen dan bahan ini dapat mengandung sulfat ( $\text{SO}_4$ ).

Bahan-bahan mentah untuk semen tersebut mempunyai komposisi berbeda untuk pembuatan semen portland, begitu pula kandungan unsur tiap bahan bakunya berbeda pula satu sama lain, dan pada

umumnya komposisi bahan pembentuk semen adalah sebagai berikut :

1. Batugamping = 70% - 75%
2. Batulempung = 15% - 20%
3. Gypsum = 4% - 6%
4. Pasirkuarsa = 0,5% - 1%
5. Pasir Besi = 0,0% - 0,5%

Kecuali pasirbesi, bahan baku semen di atas dikategorikan sebagai mineral industri (bahan galian golongan C menurut PP No. 27/1980).

### Komposisi Bahan Baku Semen

#### Batugamping

Batugamping dengan kadar  $\text{CaCO}_3$  antara 80%-85% sangat baik sebagai bahan baku semen karena lebih mudah digiling untuk menjadi homogen. Batugamping sebagai bahan baku utama semen harus memenuhi syarat kimiawi tertentu :

1. CaO = 49% - 55%
2.  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  = 5% - 12%
3.  $\text{SiO}_2$  = 1% - 15%
4. MgO = < 5%

Faktor kejenuhan batu gamping yang baik yaitu lebih dari 1,02 dan tidak boleh kurang dari 0,66. Faktor kejenuhan (Fk) dihitung dengan memakai persamaan sebagai berikut :

Faktor kejenuhan (Fk) =

$$\frac{(\% \text{CaO}) + 0,7 (\% \text{SiO}_2)}{2,8(\% \text{SiO}_2) + 1,2(\% \text{Al}_2\text{O}_3) + 0,65(\% \text{Fe}_2\text{O}_3)}$$

#### Batulempung

Batulempung yang akan dipakai sebagai bahan baku semen sebaiknya mempunyai kadar  $\text{SiO}_2$  lebih besar dari 70% dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  lebih kecil dari 10%. Kedua unsur pembentuk batu lempung ini berfungsi sebagai bahan pengoreksi. Jika kadar  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dalam batulempung lebih kecil dari 10% maka perlu memakai bahan pengoreksi yaitu berupa pasirbesi.

#### Gypsum

Gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) dipergunakan sebagai bahan tambahan (additive material) pada pembuatan semen portland dengan jumlah antara 4%-6%. Fungsi gipsum disini sebagai redater, yaitu bahan yang dapat

mengendalikan waktu pengerasan semen dan juga untuk menentukan kualitas semen.

Komposisi kimia gipsum untuk bahan baku semen portland disyaratkan sebagai berikut :

1. CaO = 30% - 35%  
(sekitar 2/3 dari berat minimum SO<sub>3</sub>)
2. SO<sub>3</sub> = 40% - 45%
3. H<sub>2</sub>O = 15% - 25%
4. Garam Mg dan Na = 0,1 %
5. Hilang pijar = 9%
6. Ukuran partikel = 95% (-14 mesh)

### Pasir kuarsa

Dalam industri semen pasir kuarsa dipakai sebagai bahan koreksi bersama pasir besi, pyrite, bauxite, laterit atau kaolin. Komposisi kimia yang disyaratkan adalah sebagai berikut :

1. Kadar SiO<sub>2</sub> = 95% - 99 %
2. Kadar Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 3% - 4 %
3. Kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 0% - 1 %

### Pasirbesi

Pasirbesi termasuk pada bahan korektif bersama pasirkuarsa. Untuk bahan baku semen portland komposisi pasir besi harus memenuhi kriteria sebagai berikut :

1. SiO<sub>2</sub> = 30% - 45%
2. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 20% - 35%
3. TiO<sub>2</sub> = 1% - 3%
4. CaO = 7% - 10%
5. H<sub>2</sub>O = 0% - 1%

## 2. Potensi Bahan Baku Semen di Indonesia Timur

Beberapa lokasi di Indonesia Timur yang mempunyai potensi bahan baku semen sebagai bahan pertimbangan didirikannya pabrik semen antara lain Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Pasir (Provinsi Kalimantan Timur), Kabupaten Gorontalo (Provinsi Gorontalo), serta Kabupaten Fak-fak dan Kabupaten Manokwari (Provinsi Papua Barat). Uraian mengenai bahan baku, keterdapatan serta kualitasnya adalah sebagai berikut :

### Kabupaten Pasir, Kalimantan Timur

Batugamping tersebar luas dalam Satuan Batugamping Klastik (Gkla) dan Satuan Batugamping Terumbu (Gter) yang merupakan salah satu anggota dari

Formasi Berai (Tomb). Terdapat 16 lokasi batugamping untuk bahan baku industri semen portland dengan luas sebaran 845 Hektar dengan sumber daya tertunjuk 9 juta ton; dan terdapat 17 lokasi batugamping untuk Kapur Pertanian dengan luas sebaran 661 Hektar dengan sumber daya tertunjuk 74 juta ton (Priyono, dkk 2007).

Batugamping di Kabupaten Pasir mempunyai kadar rata-rata 50,0054,99% CaO; 0,381,18% MgO dan 0,334,68% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, memenuhi syarat-syarat untuk bahan baku semen.

Lempung di Kabupaten Pasir tersebar dalam Satuan Batulempung Hitam (Lphi) dan Satuan Napal (Napl) yang merupakan anggota dari Formasi Tanjung (Tet) serta dalam Satuan Batulempung Karbonan (Lpk) anggota dari Formasi Warukin (Tmw).

Lempung mempunyai kandungan 57,0376,61% SiO<sub>2</sub>, 8,4221,27% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan 2,76 10,82% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sedangkan komposisi mineral terdiri dari haloisit, kalsit, hematit, kuarsa alpha, dan monmorilonit. Secara umum lempung tersebut memenuhi syarat sebagai bahan baku semen, mempunyai luas sebaran 730 Hektar dengan sumber daya tertunjuk 15,9 juta ton.

Pasir kuarsa di Kabupaten Pasir tersebar dalam Satuan Batupasir Kuarsa (Pskw) anggota dari Formasi Warukin (Tmw), serta Satuan Batupasir Gampinga (Psgp) anggota dari Formasi Pamaluan (Tomp) mempunyai kandungan 80,78 97,16% SiO<sub>2</sub>, memenuhi syarat sebagai bahan baku semen, mempunyai luas sebaran 410 Hektar dengan sumber daya tertunjuk 8 juta ton.

Lokasi bahan baku semen di Kabupaten Pasir berada di antara 5-12 Km sebelah barat wilayah P. Kideco Jaya Agung (perusahaan batubara).

### Kabupaten Bulungan, Kalimantan Timur

Batugamping terdapat di beberapa lokasi di wilayah Kecamatan Tanjungpalas, dengan sumber daya hipotetik 112.500.000 ton.

Lempung di Kabupaten Bulungan ditemukan di Kecamatan Tanjung Selor. Endapan lempung ini merupakan satuan lempung Formasi Sajau yang

tersingkap setebal 2 - 5 meter, sumber daya hipotetik sekitar 15.500.000 ton.

Pasir kuarsa terdapat di Kecamatan Nunukan, Kabupaten Nunukan, dengan sumber daya hipotetik sebesar 10.000.000 ton (Halim, dkk., 2004).

## Kabupaten Gorontalo, Gorontalo

Batugamping diperkirakan berupa sumber daya hipotetik sebesar 3 milyar ton dengan kadar 51,10 - 54,36% CaO, <2% MgO (Kusdarto, 2003).

Lempung hasil erosi sungai yang bermuara ke Danau Limboto diperkirakan dengan sumber daya geologi berjumlah 1,2 juta ton dengan ketebalan 20 m, sebagian telah menjadi lahan sawah serta kebun penduduk dan sebagian lagi ditumbuhi oleh eceng gondok. Kadar 45,84 - 56,55% SiO<sub>2</sub>; 15,48 18,23% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Pasir kuarsa alternatif dari Kabupaten Pomala, Sulawesi Tenggara, dengan sumber daya hipotetik 100 juta ton, kadar 92,0 % SiO<sub>2</sub>.

## Kabupaten Manokwari, Papua Barat

### Bahan Baku Utama

Batugamping terdapat di Desa Maruni, Distrik Manokwari mempunyai kandungan rata-rata 54,81% CaO, rata-rata 0,65% MgO dan hasil analisis derajat putih menunjukkan nilai 97,55.

Batugamping terdapat di Desa Tanah Merah mempunyai kandungan rata-rata 54,41% CaO, 0,83% MgO dan hasil analisis derajat putih menunjukkan nilai 89,80.

Batugamping terdapat di Desa Andai mempunyai kandungan rata-rata 54,52% CaO, dan 0,66% MgO, sedangkan hasil analisis derajat putih menunjukkan nilai 91,65 dan 95,41.

Luas seluruh sebaran batu gamping diperkirakan 2.500 Ha, dengan sumber daya hipotetik 1 milyar ton (Abdullah, 2002).

Lempung terdapat di daerah Saowi, Distrik Manokwari yang berupa sisipan dari Batugamping Formasi Manokwari mempunyai kandungan 14,60%

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 44,20% SiO<sub>2</sub>; 10,69% CaO dan 7,58% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Sumber daya hipotetik 50 juta ton.

## Bahan Baku Penunjang

Pasir kuarsa terdapat di Distrik Kebar, kadar 69,00 87,00% SiO<sub>2</sub>; 7,12 14,86% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,84 10,48% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Luas sebaran 3.500 Ha, sumber daya hipotetik 25 juta ton.

Pasir Besi terdapat di Kecamatan Sarmi, Kabupaten Sarmi kualitas dan sumber daya belum diketahui.

## Energi

Batubara terdapat di Kecamatan Salawati, Kabupaten Sorong, dengan nilai kalori berkisar antara 5.100 6.100 kal/gr, dengan sumber daya hipotetik sebesar 76.400.000 ton; Kecamatan Aimas, Kabupaten Sorong, dengan nilai kalori berkisar antara 5.100 6.100 kal/gr, dengan sumber daya hipotetik sebesar 13.000.000 ton; Kecamatan Bintuni, Kabupaten Teluk Bintuni, dengan nilai kalori berkisar antara 4.290 5.295 kal/gr, dengan sumber daya tereka sebesar 6.240.000 ton; Kecamatan Merdey, Kabupaten Teluk Bintuni, dengan nilai kalori berkisar antara 5.100 6.100 kal/gr, dan sumber daya tereka sebesar 29.040.000 ton (Pusat Sumber Daya Geologi, 2007).

## Kabupaten Fak-fak, Papua Barat

### Bahan Baku Utama

Batugamping terdapat di Distrik Kramomongga, Kokas, Fak-fak, Fak-fak Barat, Fak-fak Tengah, Fak-fak Timur, dan Teluk Patipi, dengan kandungan 50,11 54,82% CaO, 0,05 0,14% MgO, 0,0 0,21% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dengan sumber daya hipotetik 92.000.000 ton (Radja, 2007).

Endapan batugamping di Kabupaten Fak-fak tersebar sangat luas terdapat di beberapa wilayah distrik dan mencakup sebaran beberapa formasi batuan, yaitu Formasi Batugamping Ogar, Batugamping Onin, dan Batugamping Rumbati.

Endapan lempung di wilayah Kabupaten Fak-fak tersebar cukup luas terutama di bagian timur, mengikuti sebaran satuan endapan aluvium dan Formasi Aluvium dan Pantai (Qh).

Lempung terdapat di Distrik Kokas, Bomberai, dan Kramomonga, kandungan 19,75 - 21,22%  $Al_2O_3$ , dengan sumber daya hipotetik 3.486.000 ton.

### **Bahan Baku Penunjang**

Pasirkuarsa di Kabupaten Fak-fak merupakan pasirkuarsa lepas yang umumnya berasosiasi dengan aluvial. Pasirkuarsa jenis ini terjadi karena rombakan batuan asal seperti granit, granodiorit dan dasit atau batupasir kuarsa yang berumur lebih tua.

Pasir kuarsa terdapat di Distrik Bomberai, kandungan 94,82 - 98,53%  $SiO_2$ , dengan sumber daya hipotetik 1.100.000 ton.

### **3. Diskusi/Pembahasan**

#### **Kapasitas dan Produksi Semen/Klinker**

Mempertimbangkan pertumbuhan konsumsi yang terus meningkat setiap tahunnya, diperkirakan dalam waktu tidak lama lagi Indonesia akan mengalami kekurangan pasokan semen untuk memenuhi kebutuhan pembangunan di dalam negeri. Sampai saat ini 9 perusahaan semen nasional dengan total kapasitas 47,5 juta ton baru merencanakan untuk melakukan pembangunan pabrik baru, padahal investasi baru harus dilakukan pada tahun 2008-2009 guna mengatasi krisis semen pada tahun 2011 mendatang.

Kapasitas produksi semen selama 15 tahun terakhir meningkat lebih dari 2,5 lipat, 15,8 juta ton pada tahun 1990 menjadi 47,5 juta ton pada tahun 2004 telah meningkatkan peringkat Indonesia ke-10 negara produsen semen terbesar di dunia (semula peringkat ke-14). Produksi semen telah meningkat rata-rata 7% per tahun selama 15 tahun (1990-2004) meskipun Indonesia pernah dilanda krisis multi dimensi pada tahun 1997-1998 yang menyebabkan tingkat produksi turun hampir 20% pada tahun 1998. Dua tahun berikutnya (tahun 2000), produksi sudah kembali pada tingkat sebelum krisis. Lima tahun terakhir (tahun 2000-2004), pertumbuhan produksi rata-rata pertahun sudah mencapai 8%.

Selama 15 tahun terakhir, tingkat pemanfaatan kapasitas produksi semen nasional paling rendah 51% (pada saat krisis-1998) dan paling tinggi terjadi pada tahun 1995 sebesar 89%, sedangkan rata-rata tingkat pemanfaatan kapasitas produksi semen selama 15 tahun (1990-2004) adalah 74%. Sehingga proyeksi produksi

untuk 10 tahun mendatang, efektifitas kapasitas produksi ditetapkan pada tingkat 90%.

#### **Proyeksi Kebutuhan Semen**

Berdasarkan pertumbuhan rata-rata pertahun selama 15 tahun terakhir (1993-2007) yang mencapai 7,8% dan 5 tahun terakhir (2002-2007) yang mencapai 11,2%, dan dengan asumsi tingkat pertumbuhan Gross Domestic Product dalam lima tahun rata-rata 4% - 5% per tahun maka konsumsi semen dalam periode 10 tahun mendatang (2005-2015) akan berkisar 8% per tahun, maka pada tahun 2007 konsumsi semen di dalam negeri mencapai 42,2 juta ton.

Kekhawatiran akan kekurangan pasokan semen di dalam negeri memang beralasan karena pertumbuhan konsumsi semen yang cukup tinggi selama lima tahun terakhir, apalagi dengan maraknya sektor properti dan sektor konstruksi akhir-akhir ini. Dengan pertumbuhan ekonomi di atas 6% yang direncanakan oleh pemerintah, akan mendorong perkembangan sektor konstruksi dan selanjutnya akan menyebabkan meningkatkan kebutuhan semen dan bahan-bahan lainnya. Kebutuhan semen yang semula diperkirakan hanya sekitar 3% tahun 2004 meningkat menjadi 9,7% dibandingkan tahun sebelumnya.

Selama limabelas tahun terakhir kebutuhan semen meningkat rata-rata 10,1% pertahun. Dengan demikian apabila lima tahun yang akan datang kebutuhan semen meningkat rata-rata 6-8% maka pada tahun 2010 kebutuhan semen nasional akan mencapai 47,9 juta ton. Berarti melampaui kapasitas produksi semen nasional yang tercatat sebesar 47,49 juta ton (Tabel 1).

Departemen Perindustrian prediksikan akan terjadi krisis semen pada tahun 2011 jika pertumbuhan konsumsi mencapai 8% hingga 10% per tahun mengingat utilisasi pabrik semen nasional umumnya telah mencapai 90%. Sementara itu, pembangunan fisik pabrik semen akan membutuhkan waktu sekitar 36 bulan dan 1224 bulan untuk persiapan (studi kelayakan, AMDAL dan pendanaan) sehingga apabila dikehendaki beroperasi penuh pada tahun 2010 maka paling lambat kegiatan persiapan pembangunan pabrik semen seharusnya sudah dimulai dari tahun 2005 - 2006 (Sunnyoto, 2006).

## Investasi pada Pabrik Semen

Investasi untuk membangun pabrik semen baru membutuhkan dana US\$ 138 per ton. Apabila untuk membangun satu pabrik semen sebelumnya dapat dilakukan dengan kapasitas terpasang minimal 500.000 hingga 600.000 ton, maka sekarang tidak bisa lagi dilakukan. Batas minimal untuk membangun satu pabrik semen saat ini adalah sebesar 1,5 juta ton, sehingga dengan tingkat penjualan dibawah 1,5 juta ton per tahun tidak akan mencapai nilai ekonomis.

Berdasarkan laporan dari delapan perusahaan baik swasta maupun BUMN kepada komisi V DPR-RI pada tahun 2005, di antaranya PT. Semen Gresik, PT. Semen Baturaja, PT. Semen Kupang, PT. Indocement Tungal Perkasa, PT. Semen Cibinong dan PT. Semen Andalas Indonesia; hanya PT. Semen Andalas Indonesia yang akan merenovasi pabriknya yang hancur akibat Tsunami pada akhir tahun 2003. Sedangkan PT. Semen Gresik yang akan melakukan optimalisasi kapasitas produksinya pada unit-unit pabriknya di Tuban.

Berdasarkan data Badan Koordinasi Penanaman Modal per Pebruari 2005, ada 17 proyek pembangunan pabrik baru yang telah diberikan ijin investasi. Empat ijin investasi yang kemungkinan direalisasikan pembangunannya adalah PT. Megah Bukit Barisan Semen di Sumatera Utara dengan kapasitas produksi 1,5 juta ton per tahun; PT. Lebak Harapan Makmur Mining di Banten dengan kapasitas produksi 1,5 juta ton per tahun; PT. Balocci Makmur di Sulawesi Selatan dengan kapasitas produksi 1,3 juta ton per tahun; dan PT. Semen Batam di Kepulauan Riau dengan kapasitas produksi 1,0 juta ton per tahun. 13 ijin yang diberikan pada umumnya baru sampai tahap studi awal untuk menentukan apakah proyek ini akan layak untuk diteruskan. Kelayakan proyek untuk pabrik semen ditentukan oleh tersedianya bahan baku yang mencukupi paling tidak untuk produksi selama 50 tahun, termasuk ekspansi yang dibutuhkan untuk mempertahankan pangsa pasar yang telah diperoleh. Daftar nama 17 perusahaan yang melakukan investasi pada pabrik semen, seperti terlihat pada Tabel 2.

Beberapa kabupaten yang telah diuraikan di atas selain mempunyai potensi bahan baku semen di wilayah Indonesia Timur, diharapkan konsumen di wilayah tersebut dapat menikmati harga semen yang relatif lebih murah dikarenakan besarnya biaya transpor

bahan jadi merupakan faktor yang menjadikan tingginya harga di eceran. Namun di wilayah tersebut perlu dilakukan penelitian mengenai zonasi kawasan karst, karena berdasarkan Keputusan Menteri ESDM Nomor 1456/K/20/MEM/2000 tentang Pedoman Pengelolaan Kawasan Karst, penambangan batugamping sebagai bahan baku semen dapat dilakukan pada kawasan karst kelas 2 dan kelas 3.

Setiap kabupaten lebih intensif lagi dalam memperkenalkan potensi sumber alam yang dimilikinya untuk dikelola dan dimanfaatkan sesuai dengan aturan yang berlaku guna menunjang tercapainya kesejahteraan rakyat.

## 4. Kesimpulan dan Saran

Kualitas bahan baku semen di beberapa lokasi di kawasan Indonesia Timur pada umumnya mempunyai kualitas bahan baku utama (batugamping dan lempung) memenuhi persyaratan. Hasil penelitian pendahuluan tersebut merupakan bahan pertimbangan untuk dilakukan penelitian lebih rinci sehingga dapat menghitung keekonomian bahan baku semen apabila diupayakan untuk didirikan pabrik semen guna memenuhi konsumen atau pasar diwilayah Indonesia Timur.

Perlu dilakukan penelitian lebih rinci sehingga dapat meningkatkan tahapan eksplorasi menjadi sumber daya terukur untuk memudahkan dalam melakukan studi kelayakan.

## 5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh Staf Sub Kelompok Program Penelitian Nonlogam yang mendukung dalam proses penulisan hasil penyelidikan ini, terutama kepada Ir. Sudirman Abdullah, MSc., Ir. A. Sanusi Halim, Ir. KUSDARTO, Ir. Sugeng Priyono dan Ir. Martua Radja P. yang telah memberikan data hasil kegiatan penyelidikan serta kepada Ir. Danny Z. Herman, M.Sc. yang telah memberikan data dan informasi sehingga tulisan ini dapat diselesaikan.

## ACUAN

Abdullah, S., Kusnardi, A., Halim, S., dan Turdjaja, D., 2002, Inventarisasi dan Evaluasi Bahan Galian

# MAKALAH ILMIAH

Mineral Non Logam di Daerah Kabupaten Sorong dan Manokwari, Provinsi Papua, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral.

Halim, S., Abdullah, S., Turdjaja, D., Sarino, Sudaryono, dan Salmu, 2004, Inventarisasi dan Evaluasi Mineral Non Logam di Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Nunukan, Kalimantan Timur, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral.

Kusdarto, Rodiana, H., dan Yusuf, A.F., 2003, Penyelidikan/ Survey Potensi Mineral di Provinsi Gorontalo, Kerjasama Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral dengan Pemerintah Provinsi Gorontalo.

Priyono, S., Halim, S., dan Wastoni, 2007, Eksplorasi Umum Bahan Baku Semen di Kabupaten Pasir, Kalimantan Timur, Pusat Sumber Daya Geologi.

Pusat Sumber Daya Geologi, 2007, Neraca Batubara di Indonesia.

Radja, M., Zulfikar, dan Labaik, G., 2007, Inventarisasi Mineral Non Logam di Kabupaten Fak-fak, Provinsi Papua Barat, Pusat Sumber Daya Geologi.

Sunyoto, 2006, Akankah Krisis Semen Berulang di Indonesia ?, Warta Semen dan Beton Indonesia Vol. 4 No. 1 2006, hal 45-49.

Tempo interaktif, 2007, Pertumbuhan Produksi Semen 2008 turun, Kamis 13 Desember 2007.

Tabel 1. Kapasitas Industri Semen Indonesia, 2000-2005

No.	Produsen	Kepemilikan	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1.	PT. Semen Padang	BUMN/CEMEX	5,44	5,44	5,44	5,44	5,44	5,44
2.	PT. Semen Gresik	BUMN/CEMEX	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20
3.	PT. Semen Tonasa	BUMN/CEMEX	3,48	3,48	3,48	3,48	3,48	3,48
4.	PT. Semen Cibinong	HOLCIM	9,70	9,70	9,70	9,70	9,70	9,70
5.	PT. Indocement	HEIDELBERG	15,65	15,65	15,65	15,65	15,65	15,65
	Tunggal Perkasa							
6.	PT. Semen Baturaja	BUMN	0,60	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
7.	PT. Semen Andalasa	LAFARGE	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	tsunami
	Indonesia							
8.	PT. Semen Kupang	BUMN	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
9.	PT. Semen Bosowa	Swasta	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
	Maros	Nasional						
<b>TOTAL KAPASITAS NASIONAL</b>			<b>46,82</b>	<b>47,49</b>	<b>47,49</b>	<b>47,49</b>	<b>47,49</b>	<b>46,09</b>

Sumber : Warta semen dan Beton Indonesia Vol 4 No. 1, 2006

Tabel 2. Daftar perusahaan yang melakukan investasi pabrik semen

No.	Perusahaan	Kapasitas	Lokasi	Perijinan
1.	PT. Semail Bangun Hardjo	100.000	Irjabar	005/94/PMDM/2002
2.	PT. Semen Batam	1.000.000	Kep. Riau	8/004/KAIX/PMDM/201
3.	PT. Semen Fatoele'oe Permai	1.000.000	NTT	687/II/PMDN/1997
4.	PT. Balocci Makmur	1.300.000	Sulsel	105/II/PMDN/1997
5.	PT. Megah Bukit Barisan Semen	1.500.000	Sumut	140/II/PMDN/1997
6.	PT. Gedangnindah Pralamadaya	600.000	Jatim	165/II/PMDN/1997
7.	PT. Semen Gombang	1.900.000	Jateng	169/II/PMDN/1997
8.	PT. Semen Muara Batee Tenggara	1.500.000	NAD	221/II/PMA/1997
9.	PT. Progo Mataram Ulama	600.000	DI. Yogya	293/II/PMDN/1997
10.	PT. Lebak Harapan Makmur Mining	1.500.000	Banten	322/II/PMDN/1997
11.	PT. Kalla Semen Utama	600.000	NTB	323/II/PMDN/1997
12.	PT. Gunalahan Nusalama	2.300.000	Kalsel	392/II/PMDN/1997
13.	PT. Osmosemen Indonesia	1.500.000	NTT	596/II/PMDN/1997
14.	PT. Budi Makmur Abadi	1.200.000	Lampung	611/II/PMDN/1997
15.	PT. Total Orbit Prestasi	100.000	Kaltim	614/II/PMDN/1997
16.	PT. Semen Jabar	600.000	Jabar	660/II/PMDN/1997
17.	PT. Eraska Semen Indonesia	1.000.000	Jateng	662/II/PMDN/1997
<b>TOTAL</b>		<b>18.300.000</b>	<b>Semen Portland</b>	

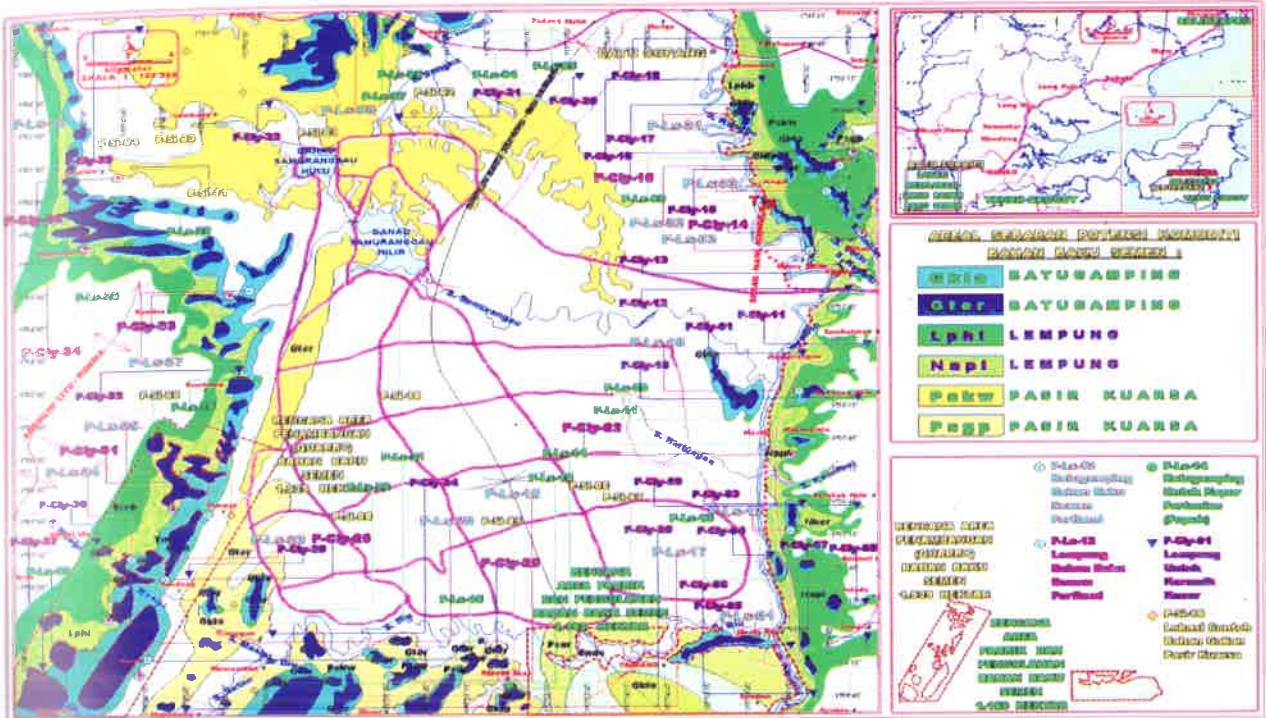
Sumber : Warta semen dan Beton Indonesia Vol 4 No. 1, 2006



Keterangan :

○ Lokasi Potensi Bahan Baku Semen

Gambar 1. Peta Lokasi Pabrik Semen dan Lokasi Potensi Bahan Baku Semen di Indonesia Timur

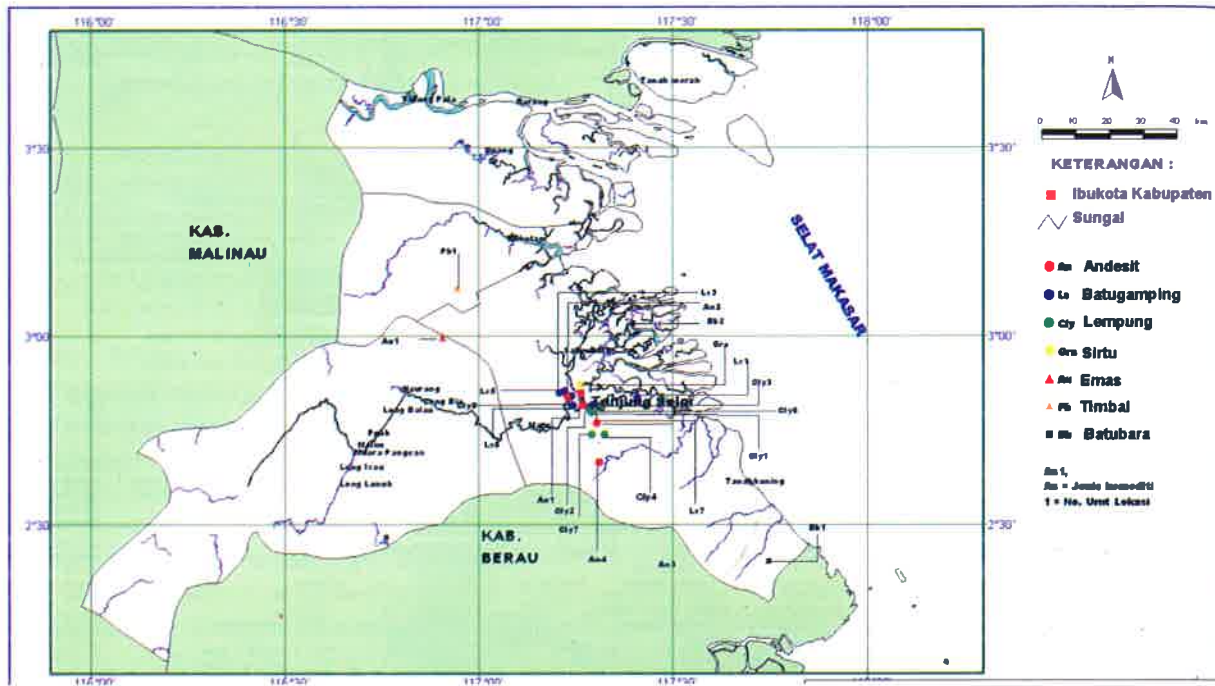


Peta Potensi Bahan Baku Semen di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur

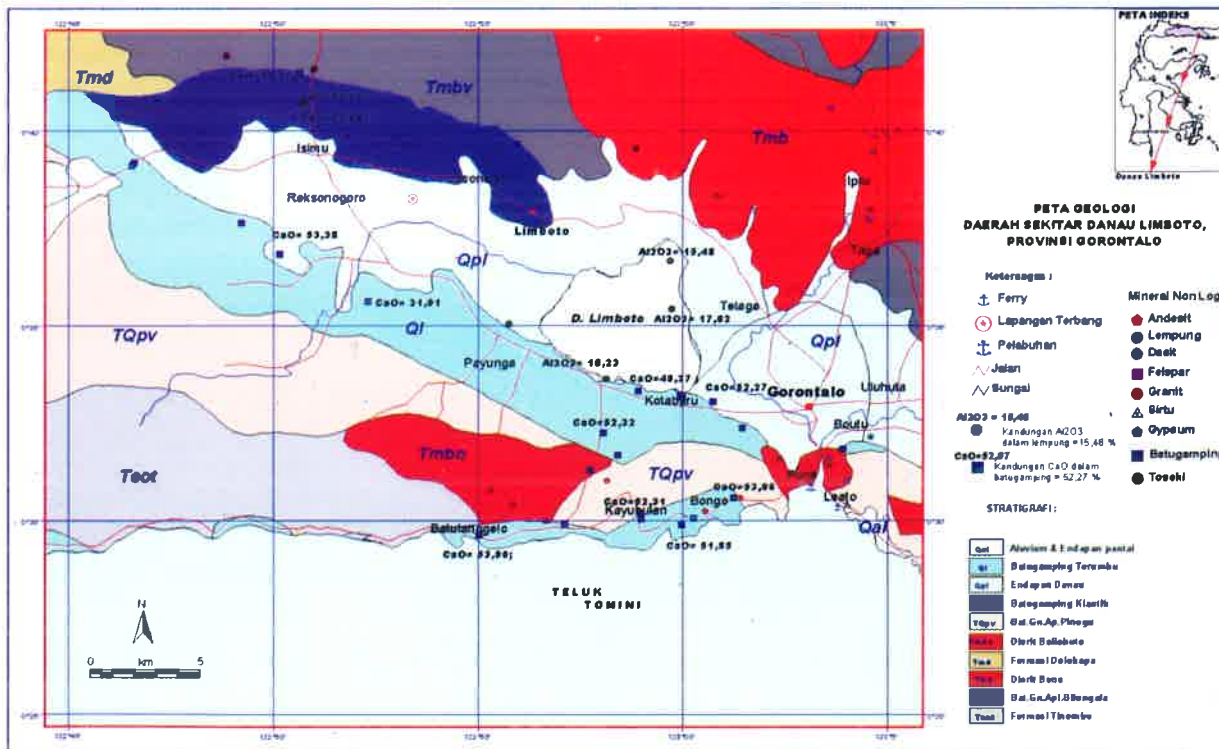


Morfologi Karst di Kecamatan Tamiang dan Kecamatan Batusopang Kabupaten Paser, Kalimantan Timur

# MAKALAH ILMIAH

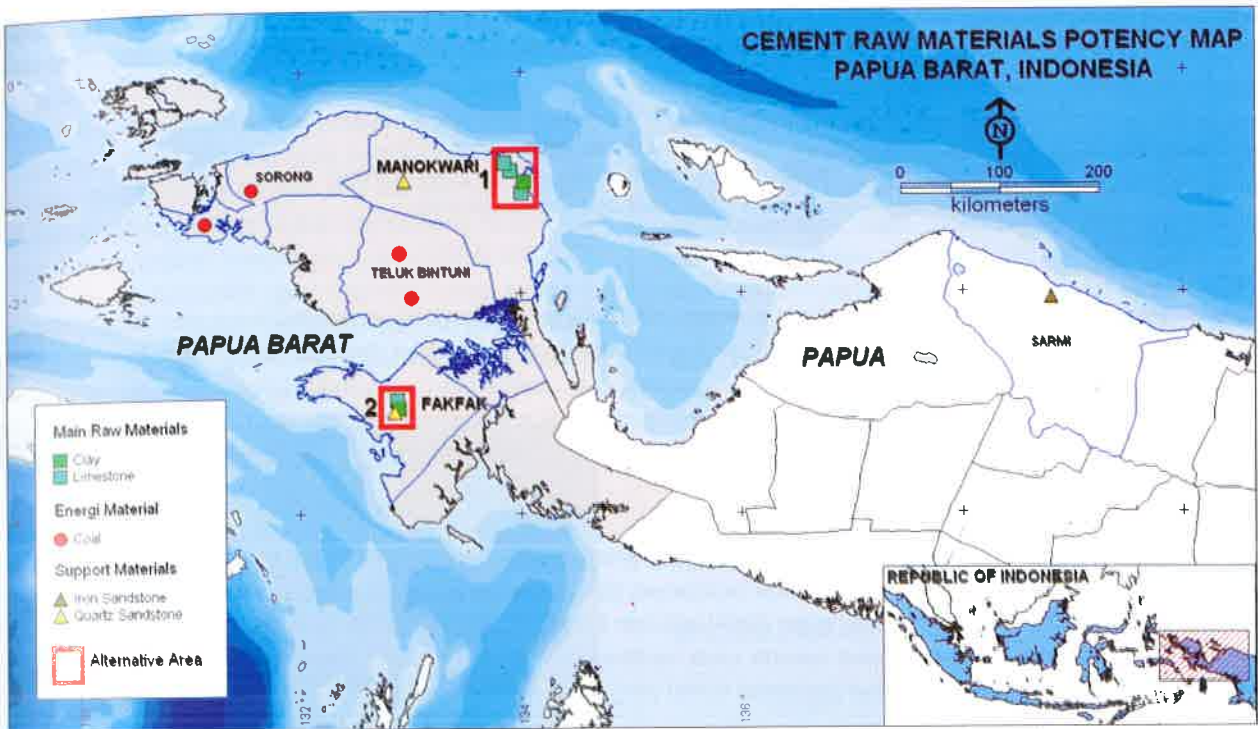


Peta Potensi Batugamping dan Lempung sebagai Bahan Baku Semen di Kabupaten Bulungan, Kalimantan Timur

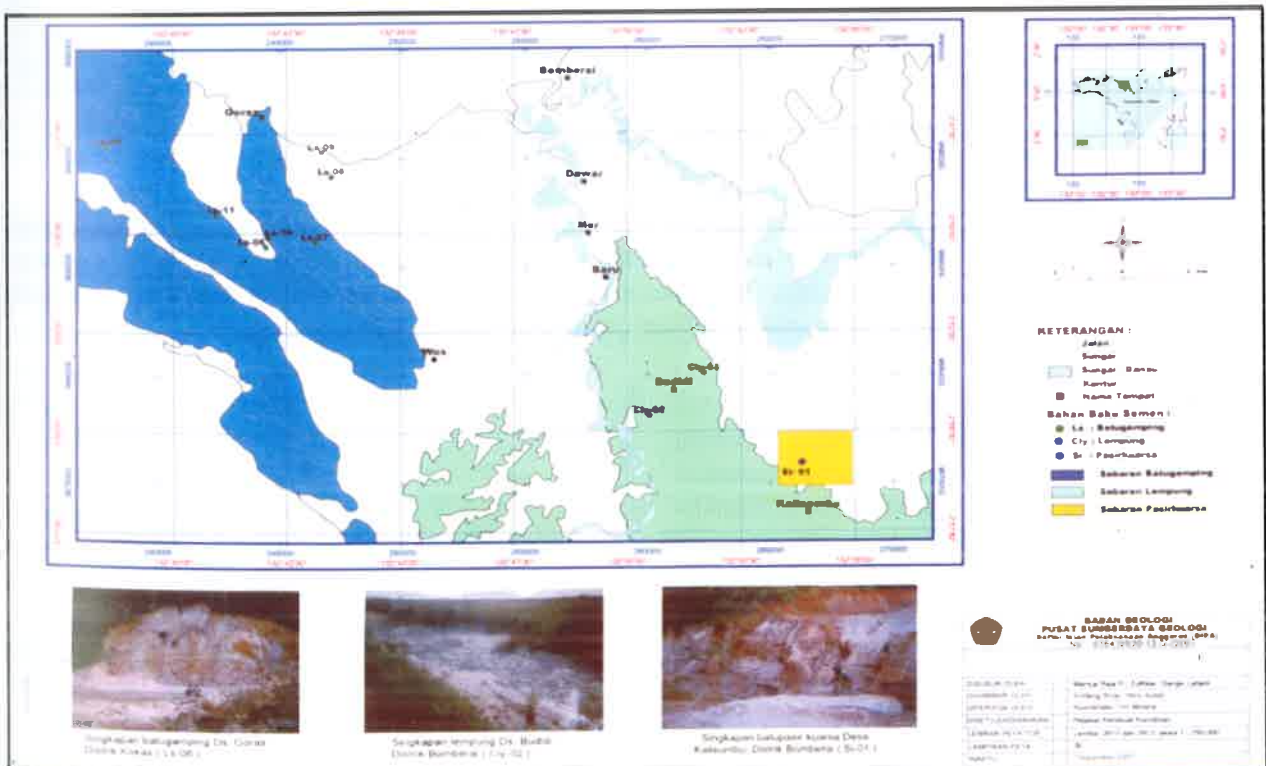


Peta Potensi Batugamping, Lempung, dan Gypsum sebagai Bahan Baku Semen di Kabupaten Gorontalo, Gorontalo





Peta Potensi Bahan Baku Semen di Papua Barat



Peta Potensi Bahan Baku Semen di Kabupaten Fak-fak, Papua Barat

## ANALISA KANDUNGAN GAS METAN DALAM BATUBARA PADA TITIK BOR B-01 DAN B-02 DAERAH LOA LEPU KAB.KUTAI KARTANEGARA, KALIMANTAN TIMUR

**Sigit Arso Wibisono**

Kelompok Program Penelitian Energi Fosil  
Pusat Sumber Daya Geologi

### Sari

Batubara merupakan salah satu sumber energi yang tidak terbarukan berasal dari fosil tumbuhan yang telah mati berjuta-juta tahun lalu. Dalam batubara terdapat berbagai macam gas yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi diantaranya adalah gas metan ( $CH_4$ ). Hingga saat ini pemanfaatan potensi gas metan dalam batubara di Indonesia masih sedikit. Analisa gas dalam batubara bertujuan untuk mengetahui secara kualitatif dan kuantitatif kandungan gas secara keseluruhan yang terdapat dalam lapisan batubara. Selain itu juga untuk mengetahui potensi gas metan yang terdapat dalam lapisan batubara.

Sebanyak 9 contoh batubara diambil dari hasil pemboran pada titik bor B-01 dan B-02. Hasil terbesar untuk kandungan gas total ( $CO_2$ ,  $N_2$  dan  $CH_4$ ) pada kedalaman 96-99 m sebesar  $0.7152 \text{ cm}^3/\text{gr}$  dan kedalaman 114-117 m sebesar  $0.3314 \text{ cm}^3/\text{gr}$  sedangkan gas metan ( $CH_4$ ) sebesar  $0.4618 \text{ cm}^3/\text{gr}$  dan  $0.0328 \text{ cm}^3/\text{gr}$ . Kandungan gas metan ( $CH_4$ ) terbesar di dua titik bor tersebut berada pada kedalaman rata-rata 100 m. Hal ini menunjukkan bahwa pada kedalaman tersebut mempunyai potensi gas metan ( $CH_4$ ) yang cukup baik untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar.

**Kata Kunci :** Batubara, kualitas, kuantitas, dan gas methane.

### Abstract

*Coal is one of non renewable energy resources comes from fossil plant which has died millions years ago. There is a lot of gas in the coal that can be used as a energy resources one of its gas are methane or  $CH_4$ . Methane in coal of Indonesia that used slightly. Objective of gas analysis to find out gas content as qualitative and quantitative and also to find out potency of gas in coal.*

*Nine samples of coal took from drilling result B-01 and B-02 locations. The biggest result for total gas content ( $CO_2$ ,  $N_2$  and  $CH_4$ ) at depth 96 - 99 m depth is  $0.7152 \text{ cm}^3/\text{gr}$  and at 114-117 m depth is  $0.3314 \text{ cm}^3/\text{gr}$  while methane content are  $0.4618 \text{ cm}^3/\text{gr}$  and  $0.0328 \text{ cm}^3/\text{gr}$ . The biggest methane content at both of hole at 100 m depth. This matter revealed that at 100 m depth has a good potential of methane gas to be used as a energy resources.*

**Keyword :** Coal, quality, quantity and methane gas

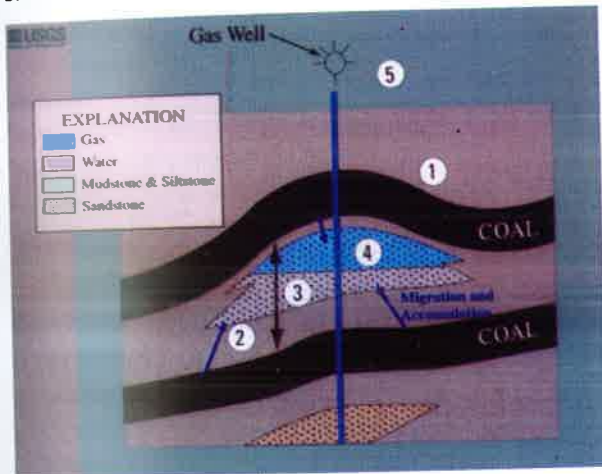
### PENDAHULUAN

Batubara merupakan sumber energi yang berasal dari fosil tumbuhan yang telah mati berjuta-juta tahun yang lalu. Fosil tumbuhan tersebut mengalami berbagai macam proses diantaranya proses geologi dan kimia yang kemudian menghasilkan batubara. Banyak pembuktian yang mendukung bahwa tumbuh-tumbuhan sebagai unsur awal terjadinya batubara (American Chemical Society, 1987). Selama ini, batubara yang ada

di Indonesia diklasifikasikan menurut nilai kalorinya menjadi tiga yaitu kalori rendah, kalori sedang, kalori tinggi dan kalori sangat tinggi (Keppres No. 13, 2000 diperbaharui dengan PP No. 45, 2003). Semakin tinggi nilai kalorinya maka semakin mahal harganya dan sangat baik digunakan sebagai bahan bakar.

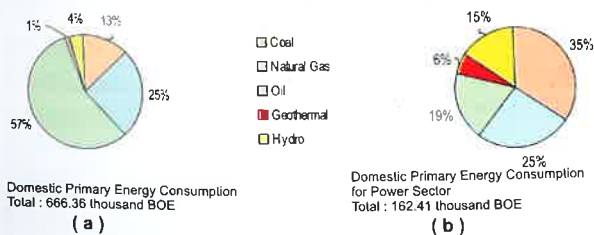
Selain memiliki nilai kalori, batubara juga memiliki kandungan gas diantaranya ( $CO_2$ ,  $N_2$  dan  $CH_4$ )

dimana gas metan atau CH<sub>4</sub> yang terdiri dari komponen karbon (C) dan hidrogen (H) merupakan salah satu gas yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Gas methane yang dihasilkan oleh batubara memiliki kadar pengotor (impurities) yang lebih kecil bila dibandingkan dengan gas bumi sedangkan dari sisi ekonomis dapat diketahui bahwa biaya produksi gas methane relatif lebih murah dibandingkan dengan gas bumi (USGS,2000). Di Indonesia pemanfaatan gas methane yang terdapat dalam batubara belum maksimal hal ini dikarenakan teknologi yang ada belum memadai dan juga kurang ekonomis untuk dikembangkan.



Gambar 1. Penampang Sumur CBM  
(Sumber : USGS, 2000)

Pada tahun 2000, batubara sebagai konsumsi sumber energi primer dalam negeri mencapai tingkatan 13 % (Gambar 2a) dari total keseluruhan sumber energi yang ada dan kontribusi untuk pembangkit listrik dalam negeri mencapai 35 % (Gambar 1b) dari total konsumsi energi primer untuk sector pembangkit ( Statistik batubara dan mineral Indonesia, 2001).



Gambar 2. Konsumsi Energi Primer Dan Pembangkit Listrik Dalam Negeri  
(Sumber : Statistik batubara dan mineral Indonesia, 2001)

Gambar 2b menunjukkan pula bahwa batubara sebagai sumber energi primer memberikan kontribusi terbesar untuk pembangkit listrik di Indonesia. Hingga saat ini pemanfaatan batubara sebagai sumber energi sekunder yaitu dengan menjadikan gas atau cairan dari batubara di Indonesia masih dalam bentuk tahap percobaan atau skala laboratorium(Lembaga Geologi dan Pertambangan Nasional, 1987) .Hal ini dikarenakan masih belum ada teknologi yang memadai dan ekonomis untuk dikembangkan apabila diproduksi dalam jumlah yang besar. Selain itu data-data produksi gas methane pada penambangan batubara di Indonesia masih belum ada.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa dan mengetahui secara kualitatif dan kuantitatif kandungan total gas termasuk kandungan gas methane dalam batubara (CH<sub>4</sub>).

## MATERI DAN METODOLOGI

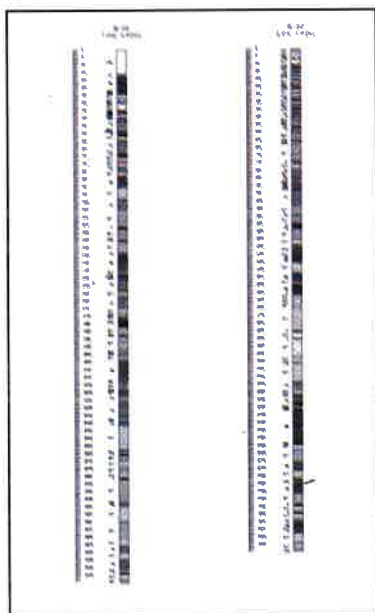
Lokasi penelitian terletak di daerah Loa Lepu dan sekitarnya, Kecamatan Tenggarong, Kab, Kutai Kartanegara, Propinsi Kalimantan Timur. Secara Geografis Wilayah pemboran yang akan diteliti untuk diambil sample gasnya dibatasi oleh koordinat 116050'00" 117005'00" Bujur Timur dan 0020'00" 0035'00" Lintang Selatan. Sedangkan koleksi gas yang ada pada batubara dilakukan di dua titik bor yaitu B-01 dan B-02 yang terletak sekitar ± 18 km disebelah barat Sungai Mahakam, di Desa Loa Ipuh Darat, Kecamatan Tenggarong, Kabupaten Kutai Kartanegara.

Secara geologi daerah penelitian termasuk kedalam Cekungan Kutai, berdasarkan peta geologi Lembar Samarinda (Supriatna, dkk, 1995) menyebutkan bahwa formasi pembawa batubara pada daerah penelitian terdapat di Formasi Pulubalang dan Formasi Balikpapan yang Berumur Tersier. Berikut tabel kolom stratigrafi daerah penelitian.

Ukuran	Simbol Formasi	Nama Formasi	Keterangan/ Deskripsi
Kuartir	Qs	Aluvial	Kerak pasir dan lumpur terakumulasi dalam lingkungan sungai, rawa, delta dan pantai
Tersier	Fn	Fm Balikpapan	Resolusi batubara dan lumpur dengan bagian batubara dan lumpur lingkungan pengendapan pada pesisir delta-terestrial delta
	Fp	Fm Pulubalang	Batubara muda dengan bagian batubara dan lumpur lingkungan pengendapan pada laut dangkal
	Fk	Fm Mahululung	Sedimen karang dengan bagian batubara dan lumpur lingkungan pengendapan pada laut dangkal

Tabel 1. Tabel Kolom Stratigrafi Daerah Penelitian.  
(Sumber : Ibrahim, 2006)

Batubara di titik bor B-01 terdiri dari 5 lapisan yang mempunyai ketebalan berkisar antara 1 sampai 3 meter sedangkan batubara di titik bor B-02 terdiri dari 4 lapisan yang mempunyai ketebalan berkisar antara 1 sampai 3 meter. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya batubara di daerah tersebut mempunyai kisaran kalori antara 6340-6897 kal/gr dan kandungan abu antara 3,94 - 9,17 % serta kadar belerang antara 0,19-0,90 % (Ibrahim, 2006).



Gambar 2. Log Bor B - 01 dan B - 02  
(Sumber : Ibrahim, 2006)

Metodologi yang digunakan untuk melakukan penelitian ini terdiri atas : a. pengumpulan data sekunder dan b. pengambilan contoh pada lokasi titik bor. Pada pengumpulan data sekunder dilakukan melalui studi literatur dari laporan mengenai rencana kegiatan perusahaan PKP2B diantaranya PT. Multi Harapan Utama dan PT. Tanito Harum serta melakukan atau mencari informasi terhadap perusahaan PKP2B yang sedang melakukan eksplorasi pemboran. Sedangkan pengambilan contoh gas batubara dilakukan melalui koleksi batubara dengan canister yang ditargetkan pada waktu pelaksanaan pemboran di lokasi perusahaan tersebut. Jumlah contoh yang diambil dalam tabung canister tergantung dari kondisi saat di lapangan, namun umumnya berkisar antara 5 - 30 contoh.

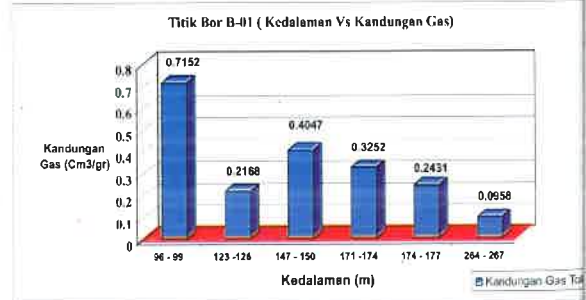
Pengambilan contoh batubara untuk titik bor B-01 dilakukan pada kedalaman 96-99, 123-126, 147-150,

171-174, 174-177 dan 264-267 m sedangkan untuk titik bor B-02 dilakukan pada kedalaman 114-117, 135-138 dan 256-260 m. Kandungan gas di lapangan dilakukan dengan mengambil contoh pada batubara yang mewakili sebanyak 9 titik koleksi pada titik bor tersebut dengan berbagai macam kedalaman, kemudian contoh batubara tersebut diambil dan dimasukkan ke dalam tabung canister, selanjutnya dilakukan pengukuran langsung di lapangan dengan menggunakan gelas. Dengan hasil pembacaan pada gelas ukur, akan didapatkan jumlah kandungan gas secara periodik dengan interval selama 15 menit sampai kandungan gas tersebut habis (USGS, 2000).

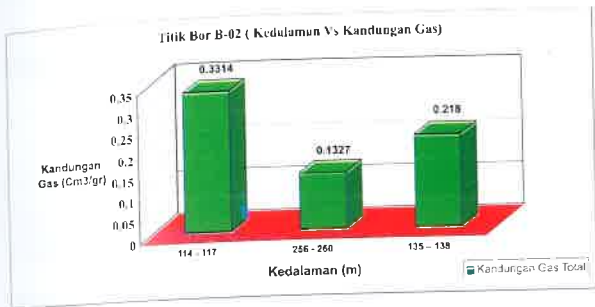
Setelah dilakukan pengukuran kandungan gas di lapangan kemudian dilanjutkan dengan analisa gas di laboratorium dengan menggunakan gas chromatograph yang ada pada "PPTMGB LEMIGAS" untuk mengetahui komposisi kandungan gas. Ada tiga aspek yang dilakukan pada pengukuran kandungan gas, yaitu jumlah gas yang hilang (Q2), pengukuran gas di lapangan (Q2) dan sisa gas (Q3). Total gas keseluruhan didapatkan dari penjumlahan ketiga aspek tersebut (USGS, 2000).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisa lapangan di titik bor B-01 didapatkan hasil bahwa kandungan total gas terbesar dimiliki pada kedalaman 96 - 99 m sebesar 0.7152 cm<sup>3</sup>/gr dengan komposisi CO<sub>2</sub> sebesar 0.253 cm<sup>3</sup>/gr, N<sub>2</sub> tidak ada dan CH<sub>4</sub> sebesar 0.4618 cm<sup>3</sup>/gr. Sedangkan di titik bor B-02 kandungan gas terbesar dimiliki pada kedalaman 114 - 117 m sebesar 0.331 cm<sup>3</sup>/gr dengan komposisi CO<sub>2</sub> sebesar 0.0199 cm<sup>3</sup>/gr, N<sub>2</sub> sebesar 0.2754 cm<sup>3</sup>/gr dan CH<sub>4</sub> 0.0328 cm<sup>3</sup>/gr. Secara keseluruhan hasil analisa kandungan gas secara kualitatif dan kuantitatif dapat dilihat pada Gambar 4a dan 4b

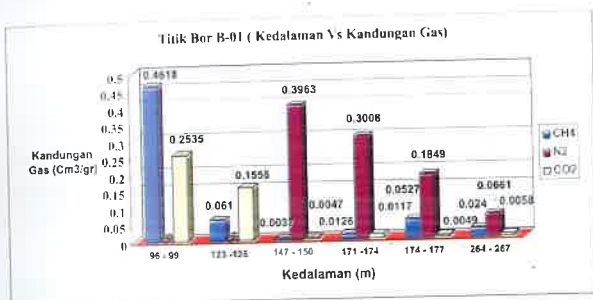


(a)

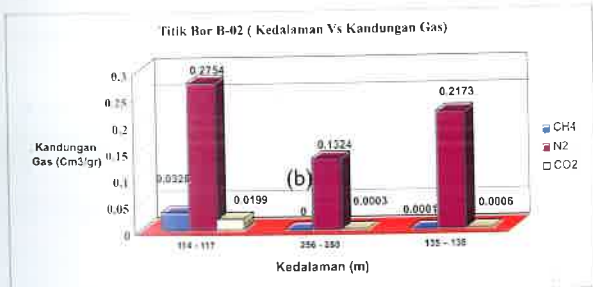


(b)

Gambar 3. Grafik Kedalaman Vs Kandungan Total Gas B-01 dan B-02 Dalam Satuan Cm<sup>3</sup>/gram

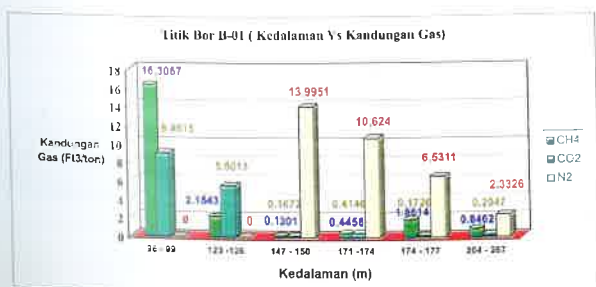


(a)

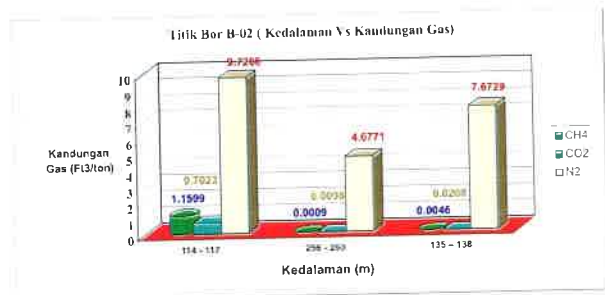


(b)

Gambar 4. Grafik Kedalaman Vs Kandungan Gas Pada Titik Bor B-01 dan B-02 Dalam Satuan Cm<sup>3</sup>/Gram



(a)



(b)

Gambar 5. Grafik Kedalaman Vs Kandungan Gas Pada Titik Bor B-01 dan B-02 Dalam Satuan Ft<sup>3</sup>/Ton

Berdasarkan Gambar 3a dan 3b menunjukkan bahwa pada kedalaman kisaran 100 - 300 meter didapatkan kandungan gas yang secara gradasi menurun. Hal ini disebabkan karena ketebalan seam yang berada di bawah relatif tipis, sehingga akumulasi gas terbanyak berada pada seam yang lebih tebal, yaitu seam yang berada di kedalaman sekitar 60 - 100 meter. Pada posisi kedalaman ini formasi batubara yang ada cukup baik dan berkembang, baik dari ketebalan maupun prospeksi kualitasnya. Pada kedalaman ini lapisan batubara yang ada merupakan salah satu lapisan yang dijadikan acuan perusahaan tambang untuk dieksplorasi, oleh karena ketebalannya yang lebih tebal dibanding lapisan yang berada di bawahnya.

\* KPP Energi Fosil, PMG, Jl. Soekarno Hatta No. 444, Bandung.

Email : sigit\_102@yahoo.com

Keterangan	Titik Bor B-01						Titik Bor B-02	
	B-01-01	B-01-02	B-01-03	B-01-04	B-01-05	B-01-06	B-02-01	B-02-02
Kedalaman (m)	96-99	123-126	147-150	171-174	174-177	264-267	114-117	256-260
Kandungan Gas persamp (cm <sup>3</sup> /gr)	0.7152	0.2158	0.4047	0.3262	0.2431	0.0658	0.3514	0.1327
CO <sub>2</sub> (cm <sup>3</sup> /gr)	0.2535	0.1558	0.0047	0.0117	0.0649	0.0038	0.0199	0.0003
N <sub>2</sub> (cm <sup>3</sup> /gr)	-	-	0.3963	0.3008	0.1849	0.0651	0.2754	0.1324
CH <sub>4</sub> (cm <sup>3</sup> /gr)	0.4618	0.0610	0.0037	0.0126	0.0627	0.0240	0.0328	0.0001
CO <sub>2</sub> (Ft <sup>3</sup> /ton)	8.9515	5.5013	0.1672	0.4146	0.1726	0.2047	0.7023	0.0098
N <sub>2</sub> (Ft <sup>3</sup> /ton)	-	-	13.9951	10.6240	6.5311	2.3326	9.7268	4.6771
CH <sub>4</sub> (Ft <sup>3</sup> /ton)	16.3067	2.1643	0.1301	0.4456	1.8614	0.8462	1.1599	0.0099

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa batubara mempunyai kandungan gas CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>. Jumlah dari masing komposisi tersebut bervariasi tergantung dari letak batubara. Semakin dalam letak batubara di bawah

permukaan maka gas yang terkandung juga makin sedikit, selain itu penyebaran batubara dikedalaman kurang dari 100 m masih cukup baik dibandingkan dengan kedalaman lebih dari 100 m.

Hasil menunjukkan bahwa secara kualitatif dan kuantitatif potensi kandungan gas terbaik ada pada kedalaman 96 -99 m. Potensi kandungan gas methane (CH<sub>4</sub>) di dua lokasi titik bor termasuk dalam kategori gas methane yang memiliki kandungan unsur C1-C4 cukup banyak.

Kesimpulan ini didasarkan pada hasil penelitian yang sifatnya masih tahap awal atau study pendahuluan. Penulis juga merasa bahwa hasil penelitian ini masih bersifat jauh dari kesempurnaan perlu adanya penelitian

yang berkelanjutan guna menyempurnakan hasil penelitian ini dikemudian hari.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada Ir. Deddy Amarullah, Ir. Asep Suryana, Eko Budi Cahyono, dan rekan-rekan yang telah memberikan bimbingan dan bantuan kepada penulis serta kepada dewan redaksi yang telah memberikan kesempatan untuk dimuatnya tulisan ini.

## ACUAN

American Chemical Society, 1987. "Coal : The Energy Source Of The Past and Future".

Anonim, 2001, " Statistik Mineral dan Batubara Indonesia".

Ibrahim, D, 2006." Pemboran Dalam Batubara Dan Pengukuran Packer Test Daerah Loa Lepu, Kabupaten Kutai Kartanegara, Propinsi Kalimantan Timur". Laporan Penyelidikan Lanjutan, Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.

Lembaga Geologi dan Pertambangan Nasional 1987, " Batubara Suatu Penelusuran Pustaka Singkat Aspek Teknologinya". Laporan Khusus No. 2, Jakarta, LIPI

PT. Multi Harapan Utama, 1986, " Third and Final Relinquishment Report on East Kalimantan ", Contract Work Area.

Supriatna, S., 1995, dkk, Peta Geologi Lembar Samarinda, Kalimantan, skala 1 : 250.000, Pusat Survei Geologi, Bandung

USGS, 2000, " Methode Gas Analysis ", Colorado, USA

## Aspal Buton: Analisis dan kajian geokimia hidrokarbon

Oleh

**S. M. Tobing**

Kelompok Program Penelitian Energi Fosil  
Pusat Sumber Daya Geologi

### Sari

Dua (2) conto aspal dari Formasi Sampolakosa, satu (1) conto batu serpih dari Formasi Winto, dan satu (1) conto minyak rembesan (oil seeps) dari Formasi Tondo dianalisis untuk studi hidrokarbon. Semua conto berasal dari P. Buton, Sulawesi Tenggara.

Hasil kajian memberikan gambaran mengenai potensi hidrokarbon, kematangan termal, kualitas bahan organik dan karakter lingkungan pengendapan darimana hidrokarbon bersumber.

Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa secara umum bahwa batu serpih Formasi Winto berpotensi sangat bagus sebagai batuan sumber hidrokarbon. Kandungan hidrogen di dalam bahan organik cukup tinggi yang mencerminkan kualitasnya sebagai kerogen Tipe II yang berasal dari organisme akuatik atau algal. Pada kondisi sekarang batu serpih lebih menunjukkan karakternya sebagai batu serpih minyak atau 'oil shale'. Diperlukan kematangan termal yang lebih tinggi dari kondisi sekarang untuk menguraikan kerogen Tipe II menjadi minyak dalam jumlah yang optimal.

Kajian data biomarker jelas menunjukkan tingkat kematangan termal relatif masih rendah pada batu serpih Fm. Winto. Minyak rembesan maupun aspal dihasilkan oleh batuan sumber dengan tingkat kematangan termal tinggi dan mengalami degradasi baik termal maupun biologis. Algal akuatik merupakan sumber bahan organik baik untuk rembesan minyak dan aspal maupun batu serpih Fm. Winto. Rembesan minyak diperkirakan berasal dari batuan sumber yang diendapkan dalam lingkungan danau, sedangkan aspal berasal dari lingkungan marin karbonat. Batu serpih Fm. Winto diperkirakan berasal dari lingkungan pengendapan laut dangkal.

Tidak dijumpai korelasi positif antara minyak rembesan, aspal dan batu serpih Fm. Winto. Aspal berasal dari batuan sumber dengan lingkungan pengendapan marin karbonat.

### Abstract

Two asphalt rock sample of Sampolakosa Formation, one oil shale sample of Winto Formation and one oil seeps sample of Tondo Formation are analysed to study the characteristics of the hydrocarbon. All samples were collected from Buton Island, Southwest Sulawesi Province.

The study result gives the hydrocarbon potential, the thermal maturity, the quality of the organic matter and the environmental characteristic of the source rock

The laboratory result show that the oil of the Winto Formation has a good potential as a source of hydrocarbon. The hydrogen content of the organic matter is very high as an indicator of Type II kerogen of which is the aquatic or algae source. In the recent condition, the rock sediment of the Winto Formation is called the oil shale. The higher thermal condition is needed to the Type II kerogen to produce oil in an optimal amount.

The biomarker study shows that the thermal maturity of the Winto Formation is relatively low. The oil seeps and the asphalt/bitumen is the result of the higher thermal maturity and degraded by both thermal and biologic condition. The aquatic algae seems to be the source of organic matter of both oil seeps and the asphalt/bitumen of the Winto Formation.

The oil seeps assumed to be expelled from the source of which is sedimented in the lake environment, and the asphalt/bitument from the carbonate environment. The oil shale of the Winto Formation is the shallow marine environment.

There is no positive relationship between the oil seeps, asphalt/bitument and the oil shale of the Winto Formation. Asphalt comes from the source of marine carbonate environment.

## Pendahuluan

Empat (4) conto terdiri atas dua (2) aspal (TLW-1 dan OBE-2) dari Fm. Sampolakosa, satu (1) batuan serpih dari Fm. Winto (TRW-1) daerah Sampolawa dan satu (1) minyak rembesan (KPR-1) pada batuan Fm. Tondo di daerah Kapontori, P. Buton, Sulawesi Tenggara diambil untuk analisis dan kajian geokimia hidrokarbon.

Untuk mengetahui potensi hidrokarbon, kualitas kerogen serta tingkat kematangan termal batuan serpih Fm. Winto, dilakukan analisis Total Organik Karbon (TOC), Rock-Eval dan Ekstraksi. Korelasi dilakukan berdasarkan data hasil analisis Kolom Kromatografi dan dilanjutkan dengan analisis kromatografi gas (GC) dan kromatografi gas spektroskopi masa (GCMS). Jenis dan jumlah percontonya untuk analisis geokimia dapat dilihat dalam Tabel 1. Data hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 2 s.d Tabel 6 serta bentuk diagramnya ditampilkan pada Gambar 1 s.d Gambar 9.

## Geologi Umum

Pulau Buton merupakan bagian dari Anjungan Tukangbesi - Buton, yang disusun oleh kelompok batuan sedimen pinggir benua serta batuan malihan berumur Permo - Karbon sebagai batuan alas, sedangkan Mandala Sulawesi Timur terdiri dari gabungan batuan ultramafik, mafik dan malihan.

Menurut Sikumbang, N., dkk., (1995), tektonik terjadi beberapa kali dimulai sejak pra-Eosen, dimana pola tektoniknya sukar ditentukan disebabkan oleh seluruh batuan telah mengalami beberapa kali perlipatan dan pensesaran. Gerak tektonik utama yang membentuk pola struktur hingga sekarang diperkirakan terjadi pada Eosen - Oligosen yang membentuk struktur imbrikasi berarah Timurlaut Baratdaya. Kegiatan tektonik berikutnya terjadi antara Pliosen - Plistosen mengakibatkan terlipatnya batuan Pra-Pliosen. Kegiatan tektonik terakhir terjadi sejak Plistosen dan masih

berlangsung hingga sekarang yang mengakibatkan terangkatnya P. Buton dan P. Muna secara perlahan seirama dengan pembentukan batugamping terumbu Fm. Wapulaka yang menunjukkan undak-undak.

Daerah Pulau Buton disusun oleh satuan batuan yang dikelompokkan ke dalam batuan Mesozoikum berumur Trias hingga Kapur Atas bahkan hingga Paleosen yang terdiri atas Fm. Winto, Fm. Ogena, Fm. Rumu dan Fm. Tobelo. Kelompok kedua adalah batuan Kenozoikum berumur Miosen dan Plistosen menutur sebagian besar P. Buton terdiri atas Fm. Tondo, Fm. Sampolakosa dan Fm. Wapulaka yang diendapkan pada Miosen Awal hingga Plistosen. Formasi Winto merupakan formasi tertua yang tersingkap di daerah Buton, berumur Trias Akhir. Litologinya terdiri atas perselingan batuan serpih, batupasir, konglomerat dan batugamping mengandung sisa tumbuhan, kayu terarangkan dan sisipan tipis batubara dengan lingkungan pengendapan neritik tengah hingga neritik luar.

Peristiwa tektonik yang terjadi menyebabkan terjadinya struktur perlipatan berupa antiklin dan sinklin serta struktur sesar yang terdiri atas sesar naik, sesar normal dan sesar geser mendatar. Umumnya struktur berarah Timurlaut Baratdaya di Buton Selatan, kemudian berarah Utara Selatan di Buton Tengah, dan Utara Baratlaut hingga Selatan - Tenggara di Buton Utara. Sesar-sesar mendatar umumnya memotong struktur utama yang merupakan struktur antiklin - sinklin, dimana secara garis besar struktur antiklin - sinklin berarah sejajar dengan arah memanjangnya tubuh batuan Tersier.

Peristiwa tektonik yang terjadi berulang-ulang menyebabkan batuan-batuan yang berumur lebih tua mengalami beberapa kali aktivitas struktur, sehingga batuan tua umumnya dijumpai dengan kemiringan lapisan yang relatif tajam. Sedangkan pada batuan yang lebih muda kemiringan lapisan relatif lebih landai dibandingkan dengan batuan berumur tua.



### Hasil Analisis dan Diskusi Potensi Hidrokarbon

Evaluasi potensi hidrokarbon terhadap batu serpih Fm. Winto dilakukan berdasarkan data hasil analisis karbon organik, pirolisis Rock Eval dan ekstraksi batuan seperti ditampilkan pada Tabel 2.

Batuan serpih menunjukkan kandungan karbon organik dengan kategori 'sangat bagus' (TOC = 11,57%; Tabel 2). Kombinasi antara data TOC dan pirolisis Rock Eval menunjukkan batu serpih Fm. Winto sebagai batuan sumber dengan kategori 'sangat bagus' (Potential Yield = 36,88 mg/gram). Plot antara karbon organik terhadap potensi kesuburan (S2) maupun indek hidrogen (HI) memberikan gambaran sangat jelas mengenai potensi yang sangat tinggi dari batu serpih TRW-1 sebagai batuan sumber hidrokarbon, Gambar 2 dan Gambar 3.

Kandungan hidrogen yang tinggi seperti ditunjukkan oleh indek hidrogen dengan nilai  $>300$  (HI = 312 mg/g) dan oksigen rendah (OI = 18 mg/g) mencerminkan kerogen Tipe II (mixed oil and gas prone kerogen). Kerogen tipe ini berpotensi sebagai penghasil minyak atau gas apabila berada pada tingkat kematangan termal yang cukup tinggi. Plot antara indek hidrogen (HI) terhadap Tmax dan indek oksigen (OI) memberikan gambaran mengenai kualitas batu serpih Fm. Winto sebagai batuan sumber minyak dan gas, (lihat Gambar 3 dan Gambar 4).

Pada kondisi saat ini dimana batu serpih Fm. Winto (TRW-1) ditemukan, tingkat kematangan yang masih rendah ditunjukkan oleh harga Tmax = 421°C. Sebagai tambahan, tingkat kematangan batuan pada Fm. Winto dapat dikategorikan sebagai belum matang (immature) yang direfleksikan oleh nilai vitrinit reflektan Rv mean 0,20% - 0,61% (Tobing, 2004). Indikator lain adalah rasio hidrokarbon bebas (S1) terhadap kandungan kerogennya (S2) yang diekspresikan sebagai indek produksi (PI). Perconto batu serpih teranalisis menunjukkan nilai PI = 0,02 mg/g jauh di bawah nilai 0,2 yang merupakan ambang batas (threshold) suatu batuan sumber dikatakan sebagai matang secara termal dan telah terjadi pembentukan minyak bebas hasil degradasi termal dari kerogen (lihat Tabel 2). Kondisi ini lebih menunjukkan karakter perconto batuan TRW-1 sebagai batu serpih atau 'oil shale'. Seperti diketahui bahwa batu

serpih selalu dicirikan oleh tingginya kandungan bahan organik/kerogen tetapi rendah kandungan hidrokarbon bebas (bitumen) dan tingkat kematangan termalnya.

### Ekstraksi, Fraksinasi dan Gas Kromatografi (GC)

Analisis ekstraksi dilakukan terhadap batu serpih Fm. Winto (TRW-1). Sedangkan fraksinasi meliputi 5 conto yang terdiri dari bitumen (TRW-1) hasil ekstraksi, aspal (LWL-1) dan fraksi maltin hasil deasphaltene, aspal (OBE-2) dan minyak rembesan (KPR-1). Terhadap fraksi saturat hasil fraksinasi dilakukan analisis sidikjari n-alkana (GC) maupun kandungan biomarkernya (GCMS). Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui komposisi serta karakter hidrokarbon yang terkandung di dalam batuan serpih Fm. Winto, minyak rembesan, atau aspal yang dijumpai di lokasi kajian. Data sidikjari n-alkana maupun biomarker digunakan untuk mencari hubungan (korelasi) antara batu serpih Fm. Winto dan minyak rembesan atau aspal, serta antara minyak rembesan dan aspal.

Hasil analisis ekstraksi dan fraksinasi batu serpih (TRW-1) menunjukkan jumlah yang tinggi (EOM = 9,239 ppm; Tabel 3). Pada kondisi kematangan termal rendah, jumlah ekstrak tersebut mencerminkan potensi batu serpih Fm. Winto sebagai batuan sumber hidrokarbon. Plot hasil ekstraksi batuan terhadap kandungan karbon organiknya memberikan gambaran tentang potensi batuan sumber dari batu serpih Fm. Winto (Gambar 5).

Komposisi hasil ekstraksi dimana secara kuantitatif fraksi saturat jauh lebih tinggi terhadap aromatik menunjukkan karakter dari hidrokarbon asal algal sebagai unsur yang dominan. Sedangkan fraksi non-polar (NSO) yang dominan menunjukkan bahwa batu serpih Fm. Winto masih tergolong rendah tingkat kematangan termalnya. Hal ini sekaligus memberikan indikasi bahwa batu serpih TRW-1 mempunyai karakter 'serpih minyak' (oil shale).

Seluruh hasil fraksinasi dilakukan analisis kromatografi gas (GC) dan dilanjutkan dengan analisis kromatografi gas spektroskopi masa (GCMS). Hasil analisis GC ditampilkan pada Tabel 3, Gambar 6 dan Gambar 7. Kecuali batu serpih (TRW-1) dan minyak rembesan (KPR-1), rembesan aspal (LWL-1) dan (OBE-2) telah mengalami degradasi lanjut baik oleh bakteri aerobik maupun termal.

Sidikjari n-alkana dari hasil proses deasphaltene (LWL-1 DA) juga memberikan indikasi biodegradasi sehingga diperkirakan rembesan aspal telah cukup lama berada di permukaan. Kondisi degradasi tersebut ditunjukkan oleh hilangnya seluruh n-alkana maupun isoprenoida-isoprenoida seperti pristana dan fitana, sehingga tidak diperoleh informasi mengenai karakter hidrokarbonnya (Gambar 6). Sedangkan minyak rembesan (KPR-1) dan batu serpih (TRW-1) masih menunjukkan konfigurasi sidikjari n-alkana yang jelas sehingga karakter hidrokarbonnya dapat diketahui dengan baik. Konfigurasi n-alkana minyak rembesan (KPR-1) dengan distribusi mulai dari n-C5 sampai dengan n-C36 dan dominasi senyawa-senyawa jumlah karbon rendah mencerminkan hidrokarbon dari batuan sumber yang telah matang secara termal. Batu serpih (TRW-1) dicirikan oleh distribusi n-alkana mulai dari n-C12 sampai n-C36 dengan karakter dominan pada n-C15 s/d n-C19 menunjukkan adanya kontribusi algal yang cukup dominan. Rasio CPI = 1,0 pada minyak rembesan (KPR-1) dibandingkan CPI = 1,61 pada batu serpih (TRW-1) menunjukkan kematangan termal yang jauh lebih tinggi.

Rasio pristana (pristane) terhadap fitana (phytane) dalam minyak rembesan (KPR-1) dan ekstrak batu serpih (TRW-1) menunjukkan nilai masing-masing 1,51 dan 1,21 mencerminkan kondisi lingkungan pengendapan bahan organik kurang oksigen (reduktif). Plot antara pristana/n-C17 terhadap fitana/n-C18 menunjukkan minyak rembesan KPR-1 dan batu serpih TRW-1 mengandung bahan organik tipe II sampai III (mixed kerogen) serta diendapkan pada lingkungan reduktif. Meskipun demikian, minyak rembesan (KPR-1) menunjukkan tingkat kematangan termal yang jauh lebih tinggi daripada batu serpih (TRW-1) (Gambar 7).

Analisis lanjutan dilakukan dengan metoda GCMS terhadap fraksi saturat dari minyak rembesan, ekstrak batuan serta aspal rembesan. Hasil analisis ditampilkan pada Tabel 4, Tabel 5, Tabel 6, Gambar 8 dan Gambar 9.

### Asal Bahan Organik dan Lingkungan Pengendapan

Analisis GCMS fraksi saturat dilakukan dengan fokus pada biomarker sterana (m/z 217) dan triterpana (m/z 191). Sidikjari biomarker sterana pada minyak rembesan (KPR-1), aspal rembesan (LWL-1) dan (OBE-

2) serta batu serpih (TRW-1) masing-masing menunjukkan karakter yang berbeda. Minyak rembesan (KPR-1) terlihat telah mengalami degradasi termal yang cukup tinggi sehingga konfigurasi ion kromatogram sterana menunjukkan dominasi senyawa-senyawa diasterana (Gambar 8). Senyawa-senyawa diasterana sangat resisten terhadap degradasi baik biologis maupun termal, sehingga keberadaannya dalam jumlah yang dominan mencerminkan proses geologi tertentu yang telah dialami oleh minyak rembesan sebelum mencapai kondisi sekarang. Diperkirakan minyak rembesan telah mengalami migrasi beberapa kali dari batuan sumbernya sehingga senyawa-senyawa yang tersisa adalah yang mempunyai resistensi tinggi dalam berbagai kondisi geologi. Komposisi sterana dari minyak rembesan (KPR-1) maupun aspal (LWL-1) menunjukkan bahwa bahan organik penghasil hidrokarbon bukan berasal dari tumbuhan darat melainkan algal akuatik asal lingkungan tertutup seperti danau, laguna atau marin (Gambar 9).

Pada conto aspal (OBE-2), senyawa-senyawa C27, C28 dan C29 tidak dapat terdeteksi dengan baik akibat degradasi biologis maupun termal yang telah berlangsung intensif sehingga komposisi sterana tidak dapat ditentukan. Senyawa-senyawa diasterana yang resisten terhadap degradasi termal tidak dijumpai pada aspal (OBE-2) menunjukkan batuan sumber asal miskin akan mineral lempung, kemungkinan berasosiasi dengan karbonat.

Meskipun perlu dikonfirmasi dengan analisis GCMS-MS, pada perconton aspal (LWL-1) maupun (OBE-2) dijumpai senyawa spesifik yaitu C30 sterana (pik no 17, C30ST) yang merupakan indikator bahan organik asal lingkungan marin dan kemungkinan besar adalah algal. Aspal (LWL-1) berbeda dengan aspal (OBE-2) karena kandungan senyawa-senyawa diasterana yang jauh lebih dominan. Senyawa-senyawa diasterana juga diketahui banyak dijumpai pada batuan sumber yang kaya akan mineral-mineral lempung. Sedangkan rendahnya senyawa-senyawa tersebut pada aspal (OBE-2) memungkinkan adanya perbedaan fasies lingkungan pengendapannya.

Batu serpih (TRW-1) menunjukkan konfigurasi sidikjari sterana dengan komposisi  $C_{29} > C_{27} > C_{28}$ . Pada diagram komposisi sterana (Huang and Meinchein, 1979), dominasi dari senyawa-senyawa C27 dan C29

sterana menunjukkan adanya kontribusi dari unsur-unsur organisma akuatik dan juga tumbuhan darat (terrestrial higher plant) (lihat Gambar 9). Batuan sumber hidrokarbon (TRW-1) dari Fm. Winto yang kaya akan bahan organik tersebut kemungkinan berasal dari lingkungan pengendapan akuatik tertutup (close system). Meskipun demikian, rasio tingkat kematangan termal dari biomarker sterana memberikan indikasi bahwa bahan organik terkandung dalam batu serpih (TRW-1) masih belum cukup matang untuk dapat menghasilkan hidrokarbon secara komersial. Hal tersebut ditunjukkan oleh rendahnya rasio parameter kematangan termal ( $C_{29} 20S/R = 0,10$  dan  $C_{29} \alpha\beta\beta / \alpha\beta\beta + \alpha\alpha\alpha = 0,28$ ) yang mencerminkan proses isomerisasi yang belum intensif.

Senyawa-senyawa lain yang terdapat pada batu serpih (TRW-1) adalah metil sterana yang terdiri dari C28 metilkolestana (MC), C29 metilergostana (ME) dan C30 metil stigmastana (MS) (lihat Gambar 8). Keberadaan senyawa tersebut menunjukkan peran bakteri metilotropik yang intensif dalam proses degradasi bahan organik yang umumnya terjadi pada lingkungan danau berair tawar (Whiters, 1983).

Senyawa biomarker lain yang penting pada fraksi saturat terdiri dari trisiklo- dan tetrasiklo- terpana serta pentasiklo triterpana. Pada Gambar 10 terlihat sidikjari ion kromatogram terpana dan triterpana ( $m/z$  191) menunjukkan karakter spesifik yang berbeda dari minyak rembesan (KPR-1), aspal (LWL-1) dan aspal (OBE-2) serta batu serpih (TRW-1). Kromatogram ion triterpana minyak rembesan (KPR-1) secara jelas memperlihatkan bahwa hanya biomarker dari senyawa-senyawa trisiklo terpana yang tertinggal di dalam minyak tersebut dengan distribusi mulai dari C19 sampai dengan C31. Senyawa-senyawa tetrasiklo terpana dan pentasiklo triterpana dijumpai dalam jumlah yang sangat sedikit dan hampir absen. Kondisi ini mencerminkan telah terjadi berbagai macam proses degradasi terutama secara termal terhadap minyak rembesan tersebut selama proses migrasi menuju tempat akumulasinya saat ini. Hanya senyawa-senyawa yang mempunyai resistensi tinggi seperti trisiklo terpana dapat tetap bertahan di dalam minyak rembesan tersebut. Kehadiran senyawa-senyawa C26 trisiklo terpana yang sangat jelas dengan gugus lebih dominan terhadap C24 tetrasiklo terpana (tanda lingkaran warna biru) merupakan ciri khusus suatu bahan organik asal lingkungan danau (ten Haven, 2002).

Unsur-unsur tanaman darat tidak dijumpai pada minyak rembesan dan menunjukkan bahwa sumber utama bahan organiknya adalah dari kehidupan akuatik algal atau bakteri.

Identifikasi senyawa-senyawa hopana tidak dapat dilakukan karena hampir seluruhnya telah mengalami degradasi termal. Keberadaan senyawa C29 norhopana yang masih terdeteksi dengan intensitas jauh lebih dominan daripada senyawa C30 hopana menunjukkan resistensi senyawa tersebut terhadap degradasi termal yang tinggi. Untuk minyak rembesan (KPR-1), intensitas keberadaan C29 norhopana yang jauh lebih besar dari C30 hopana tidak memberikan indikasi bahwa batuan sumber berasosiasi dengan karbonat. Senyawa-senyawa trisiklo terpana yang dominan diketahui tidak dijumpai pada batuan sumber yang berasosiasi dengan karbonat.

Perconto aspal (LWL-1) dan juga fraksi hasil deaspalthene menunjukkan konfigurasi kromatografi ion terpana dan triterpana ( $m/z$  191) dari suatu hidrokarbon asal batuan sumber yang berasosiasi dengan lingkungan karbonat. Hal tersebut ditunjukkan oleh anomali senyawa-senyawa  $17\alpha$  (H) trisnorhopana (Tm) >>  $18\alpha$  (H) trisnorhopana (Ts) serta C29 norhopana >>> C30 hopana (lihat Gambar 10). Kondisi yang lebih ekstrim dalam kaitannya dengan batuan sumber dari lingkungan pengendapan karbonat dan salinitas tinggi (hypersaline) ditunjukkan oleh aspal (OBE-2). Hidrokarbon dari perconto ini dicirikan oleh anomali kehadiran senyawa-senyawa C24 tetrasiklo terpana, C29 norhopana > C30 hopana serta gamaserana (G) yang sangat tinggi (Gambar 10). Kondisi lingkungan pengendapan karbonat dengan salinitas tinggi seperti ini jelas menunjukkan asosiasi marin yang bersesuaian dengan data biomarker sterana dimana terindikasikan bahwa batuan sumber miskin akan mineral-mineral lempung.

Batu serpih (TRW-1) dari Fm. Winto menunjukkan konfigurasi ion kromatogram terpana dan triterpana yang umum dijumpai pada hidrokarbon dari suatu bahan organik dengan kematangan termal rendah. Seperti ditunjukkan oleh biomarker sterana, tingkat kematangan termal rendah batu serpih (TRW-1) terlihat dari rendahnya rasio  $22S/R = 0,41$  dan juga kehadiran senyawa-senyawa moretana (NM dan M) yang masih cukup tinggi (rasio Mor/Hop = 0,17). Tidak dijumpai unsur-

unsur tanaman darat menunjukkan bahwa akuatik algal atau bakteri berperan besar di dalam pembentukan bahan organik dari sumber hidrokarbon batu serpih (TRW-1). Analisa petrografi organik dari batu serpih Fm. Winto menunjukkan maseral lamalinit tipe Rundel? mendominasi kandungan batuan serpih (Tobing, 2004). Sebagai tambahan, batu serpih dengan karakter biomarker hopana seperti ini, di Indonesia banyak dijumpai pada sedimen-sedimen danau. Meskipun demikian, keberadaan senyawa-senyawa C26 trisiklo trepana yang secara kuantitas lebih kecil dibandingkan dengan C24 tertrasiklo trepana mengabaikan asal lingkungan pengendapan danau. Diperkirakan bahwa batu serpih (TRW-1) merupakan bagian dari 'serpih minyak' Fm. Winto yang terbentuk pada lingkungan laut dangkal (marine shelf).

Secara umum dapat dilihat bahwa baik minyak rembesan, aspal dan batu serpih Fm. Winto tidak memperlihatkan adanya kontribusi dari tumbuhan darat seperti resin, oleanoida atau oleanana (yang umum dijumpai di cekungan-cekungan hidrokarbon Indonesia Barat). Kondisi seperti ini memperlihatkan bahwa hidrokarbon dari daerah kajian dihasilkan oleh suatu sistim yang berbeda dengan cekungan Indonesia Barat. Seperti diketahui bahwa sistim hidrokarbon di Indonesia Timur banyak di dominasi oleh karakter akuatik atau marin. Kondisi ini juga tercermin pada minyak rembesan, aspal maupun batu serpih dari daerah kajian sehingga hidrokarbon dari P. Buton banyak berasal dari petroleum system Indonesia bagian Timur. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah ketidak hadirannya senyawa-senyawa oleanana pada perconton teranalisis kemungkinan menunjukkan bahwa batuan sumber asal hidrokarbon berasal dari sistem yang lebih tua dari zaman Kapur. Seperti diketahui bahwa sebelum zaman tersebut tidak pernah ditemukan senyawa-senyawa oleanana baik pada minyak maupun batuan sumbernya.

### **Korelasi Antara Batu Serpih (TRW-1), Minyak Rembesan (KPR-1), Aspal (LWL-1) dan Aspal (OBE-2).**

Analisis biomarker terhadap fraksi saturat menunjukkan dengan jelas bahwa tidak ditemukan korelasi positif antara hidrokarbon dari batu serpih Fm. Winto (TRW-1) dan aspal (LWL-1 dan OBE-2) pada

batuan Fm. Sampolakosa di daerah Sampolawa, Buton. Minyak rembesan diperkirakan berasal dari batuan sumber yang diendapkan di lingkungan danau tertutup. Aspal (LWL-1) menunjukkan karakter bahan organik algal asal marin karbonat sedangkan bahan organik aspal (OBE-2) kemungkinan bersumber dari sisa kehidupan algal dengan lingkungan pengendapan marin karbonat dan salinitas tinggi (hypersaline). Batu serpih Fm. Winto (TRW-1) menunjukkan karakter hidrokarbon dari bahan organik dengan tingkat kematangan termal rendah. Hidrokarbon dari batu serpih tidak mengandung unsur-unsur spesifik seperti kelimpahan C26 trisiklo trepana, gamaserana atau C<sub>27</sub> sterana, sehingga bukan merupakan batuan sumber dari minyak rembesan maupun aspal.

### **Kesimpulan**

Evaluasi hasil kajian geokimia terhadap contoh permukaan yang terdiri dari 2 aspal (LWL-1 dan OBE-2) Fm. Sampolakosa, satu (1) batu serpih Fm. Winto (TRW-1) dan satu (1) minyak rembesan (KPR-1) pada batuan Fm. Tondo, P. Buton, Sulawesi Tenggara memberikan kesimpulan sebagai berikut:

- Hasil analisis TOC dan Rock Eval menunjukkan bahwa batu serpih Fm. Winto berpotensi sangat bagus sebagai batuan sumber minyak. Pada tingkat kematangan termal yang tinggi batu serpih (TRW-1) diharapkan dapat menghasilkan minyak dengan jumlah yang ekonomis.
- Batu serpih Fm. Winto masih berada pada tingkat kematangan termal rendah dan pada kondisi seperti ini berkarakter 'serpih minyak' (oil shale) dan tidak diharapkan akan dapat menghasilkan minyak secara optimal terkecuali dilakukan artifisial destilasi destruktif.
- Rembesan minyak dan aspal dihasilkan dari batuan sumber yang telah mengalami kematangan termal tinggi.
- Algal akuatik merupakan sumber bahan organik baik untuk rembesan minyak dan aspal maupun batu serpih Fm. Winto.
- Rembesan minyak diperkirakan berasal dari batuan sumber yang diendapkan di lingkungan danau, sedangkan aspal berasal dari lingkungan marin karbonat. Batu serpih Fm. Winto diperkirakan berasal dari lingkungan

pengendapan laut dangkal.

- Hasil analisis biomarker menunjukkan tidak dijumpai korelasi positif antara minyak rembesan (KPR-1) dengan aspal (LWL-1) dan aspal (OBE-2). Tidak ada korelasi positif antara batu serpih Fm. Winto dan rembesan minyak maupun aspal.
- Aspal (LWL-1) dan aspal (OBE-2) berasal dari batuan sumber yang sama-sama diendapkan lingkungan pengendapan marin karbonat.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Herudiyanto yang telah memeriksa dan mengedit naskah. Kepada Fx. Widiyanto (Lemigas) yang menganalisis conto di lab disampaikan terimakasih. Terimakasih juga tidak lupa kepada Sukardjo dan Asep Suryana (KPP Energi Fosil) yang membantu sarana hingga tulisan ini selesai.

## Acuan

- Blumer, M., and Snyder, W. D., (1965). Isoprenoids hydrocarbons in recent sediments: presence of pristine and probable absence of phytane. *Science* 150, p. 1588.
- Bordenave, M. L., (Ed.) (1993). *Applied Petroleum Geochemistry*, 524 pp, Editions Technip, Paris.
- Brassel, S. C., Eglinton, G. and Fu Jia Mo., (1986). Biological compound markers as indicators of depositional history of the Maoming oil shale. In: Leythausser, D. and Rullkotter, J., (Eds.) *Advances in Organic Geochemistry*, 1985. *Organic Geochem.* 10, pp. 927 - 941.
- Bray, E. E., and Evans, E. D., (1961). Distribution of n-paraffins as a clue to recognition of source beds. *Geochim. Cosmochim. Acta* 22, pp. 2 - 15.
- Didyk, B. M., Simoneit, B. R. T., Brassell, S. C., and Eglinton, G., (1978). Organic geochemical indicators of palaeoenvironmental conditions of sedimentation. *Nature* 272, pp. 216 - 221.
- Grantham, P. J., (1986). Sterane isomerisation and moretane/hopane ratio in crude oil derived from Tertiary source rocks. *Org. Geochem.* 9, 293 - 304.
- Gelpi, E., Schneider, H., Mann, J., And Oro, J., (1970). Hydrocarbons of geochemical significance in microscopic algae. *Phytochemistry*, Vol. 9, pp. 603 - 612.
- Gilbert, J. M., De-Andrade-Bruning, I. M. R., Noorer, D. W., and Oro, J., (1975). Predominance of isoprenoids among the alkanes in the Irati oil shale, Permian of Brasil. *Chemical Geology* 15, pp. 209 - 215.
- Goosen, H., de Leeuw J. W., Schrenck, P. A., and Brassell, S. C., (1984). Tochopterols as likely precursors of pristine in ancient sediments and crude oils. *Nature*, 312, pp. 440 - 442.
- Huang, W.-Y. and Meinschein, W. G., (1979). Sterols as ecological indicators. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 43, 739 - 745.
- Mackenzie A. S. (1984). Applications of biological markers in petroleum geochemistry. In, Brooks, J., and Welte, D., (Eds.) *Advances in Petroleum Geochemistry I*, pp. 115 - 214. Academic Press, London.
- Mackenzie, A. S., Hoffmann, C. F., and Maxwell, J. R., (1981). Molecular parameters of maturation in the Toarcian shales, Paris Basin, France - III. Changes in aromatic steroid hydrocarbons. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 45, pp. 1345 - 1355.
- Mackenzie, A. S., Lamb, N. A., and Maxwell, J. R., (1982b). Steroid hydrocarbons and the thermal history of sediments. *Nature*, 295, pp. 223 - 226.
- Mackenzie, A. S., Quirke, J. M. E., Maxwell, J. R., Vandenbroucke, M., and Durand, B., (1980). Molecular parameters of maturation in the Toarcian shales, Paris Basin, France - I. Changes in the configurations of acyclic isoprenoid alkanes, steranes and triterpanes. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 44, pp. 1709 - 1721.
- Mackenzie, A. S., and Quigley, T. M., (1988). *Principles of Geochemistry Prospect Appraisal*. AAPG Bull., 72, pp. 399 - 415.
- Moldowan, J. M., Seifert, W. K., and Gallegos, E. J., (1985). Relationship between petroleum composition and depositional environment of petroleum source rocks. *AAPG Bull.* 69, pp. 1255 - 1268.

- Moldowan, J. M., Sundararaman P., and Schoell, M., (1986). Sensitivity of biomarker properties to depositional environment and/or source input in the Lower Toarcian of S. W. Germany. *Org. Geochem.* 10, pp. 915 - 926.
- Ourisson, G., Albrecht, P., and Rohmer, M., (1979). The hopanoids. *Palaeochemistry and biochemistry of a group of natural products. Pure and Applied Chemistry*, 51, pp. 709 - 729.
- Peters, K. E., and Moldowan, J. M., (1993). *The Biomarker Guide, Interpreting Molecular Fossils in Petroleum and Ancient Sediments*, 363 pp, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J.
- Philp, R. P., (1985). *Fossil Fuel Biomarkers*, 294 pp. Elsevier, N. Y.
- Powell, T. G., and McKirdy, D. M., (1973). Relationship between ratio of pristane to phytane, crude oil composition and geological environment in Australia. *Nature*, 243, pp. 37 - 39.
- Radke, M., Garrigues, P., and Willsch, H., (1990). Methylated dicyclic and tricyclic aromatic hydrocarbons in crude oils from the Handil field, Indonesia. *Organic Geochemistry*, 15, pp. 17 - 34.
- Seifert, W. K., and Moldowan, J. M., (1978). Applications of steranes, terpanes and monoaromatic to the maturation, migration and source of crude oils. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 42, pp. 77 - 95.
- Seifert, W. K., and Moldowan, J. M., (1980). The effect of thermal stress on source rock quality as measured by hopane stereochemistry. In, Douglas, A. G., and Maxwell, J. R. (Eds.), *Advances in Organic Geochemistry, 1979*. pp. 229 - 237. Pergamon Press, Oxford.
- Seifert, W. K., and Moldowan, J. M., (1981). Paleoreconstruction by biological markers. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 45, pp. 783 - 794.
- Seifert, W. K., and Moldowan, J. M., (1986). Use of biological markers in petroleum exploration. In, Johns, R. B., (Ed.). *Biological Markers in the Sedimentary Record, Methods in Geochemistry and Geophysics*, 24, pp. 261 - 290. Elsevier, Amsterdam.
- Sieskind, O., Joly, G., and Albrecht, P., (1979). Simulation of the geochemical transformation of sterols: superacid effects of clay minerals. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 43, pp. 1675 - 1679.
- Sikumbang, N., Sanyoto, P., Supandjono, R. J. B., and Gafoer, S., 1995. Peta Geologi Lembar Buton, Sulawesi Tenggara. Geological Map of the Buton Sheet, Southeast Sulawesi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Simoneit, B. R. T., Grimalt, J. O., Wang, T. G., Cox, R. E., Hatcher, P. G., and Nissenbaum, A., (1986). Cyclic terpenoids of contemporary resinous plant detritus and of fossil woods, ambers and coals. In, Leythaeuser, D., and Rullkötter, J., (Eds.). *Advances in Organic Geochemistry, 1985, Org. Geochem.* 10, pp. 877 - 889. Pergamon Journals, Oxford.
- Tissot, B. P., and Welte, D. H., (1984). *Petroleum Formation and Occurrence*, 699 pp, Springer-Verlag, Berlin.
- Tissot, B. P., Durand, B., Éspitalié, J., and Combaz, A., (1974). Influence of the nature of diagenesis of organic matter in formation of petroleum. *AAPG Bull.* 58, pp. 499 - 506.
- Tissot, B. P., Pelet, R., and Ungerer, P., (1987). Thermal history of sedimentary basins, maturation indices, and kinetics of oil and gas generation. *AAPG Bull.* 71, pp. 1445 - 1466.
- Tobing, S. M. (2004). Laporan Inventarisasi Bitumen Padat Dengan 'Outcrop Drilling' Di Daerah Sampolawa, Kabupaten Buton, Prop. Sulawesi Tenggara. Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung.
- Volkman, J. K., (1986). A review of sterol markers for marine and terrigenous organic matter. *Org. Geochem.* 9, pp. 84 - 99.
- Waples, D. W., and Machihara, T., (1990). Application of sterane and triterpane biomarkers in petroleum exploration. *Bull. Can. Pet. Geol.* 38, pp. 357 - 380.
- Whitehead, E. V., (1974). The structure of petroleum pentacyclanes. In, Tissot, B., and Bienner, F., (Eds.). *Advances in Organic Geochemistry, 1973*. pp. 225 - 243. Editions Technip, Paris.
- Whiters, N., (1983). Dinoflagellate sterols. In, Scheur, P. J., (Ed.). *Marine Natural Products*, pp. 87 - 130. Academic Press, New York.

Tabel 1  
Jumlah dan Jenis Analisis

Tipe perconto : Singkapan Lokasi : P. Buton		
No.	Tipe Analisis	Jumlah Perconto
1.	Total Karbon Organik	1
2.	Pirolisis Rock Eval	1
3.	Ekstraksi	1
4.	Fraksinasi	5
5.	Kromatografi Gas (GC)	5
6.	Kromatografi Gas Spektroskopi Masa (GCMS) fraksi saturat	5

Tabel 2

DATA KARBON ORGANIK TOTAL DAN PIROLISIS ROCK EVAL														
Tipe perconto: batuan permukaan														Lokasi: P. Buton
No.	Kode perconto	Tipe perconto	Diskripsi perconto	TOC (%)	S1	S2	S3	PY	S2/S3	PI	PC	Tmax (°C)	HI	OI
					mg/g									
1	TRW-1	permukaan	serpih minyak	11.57	0.74	36.14	2.11	36.88	17.13	0.02	3.06	421	312	18

**Remarks :**

TOC : Total Karbon Organik	PY : Jumlah Total Hidrokarbon = (S <sub>1</sub> + S <sub>2</sub> )	HI : Indeks Hidrogen = (S <sub>2</sub> /TOC) x 100
S1 : Jumlah Hidrokarbon bebas	PI : Indeks Produksi = (S <sub>1</sub> /S <sub>1</sub> + S <sub>2</sub> )	OI : Indeks Oksigen = (S <sub>2</sub> /TOC) x 100
S2 : Jumlah hidrokarbon dari kerogen	PC : Karbon terpirolisis	
S3 : Karbon dioksida	Tmax : Temperatur maksimum (°C) at the top of S <sub>2</sub> peak	

Tabel 3

DATA KOMPOSISI EKSTRAK BATUAN DAN KROMATOGRAFI GAS																	
Tipe perconto: batuan permukaan																	Lokasi: Pulau Buton, Sulawesi Tenggara
No.	Kode Sampel	Tipe perconto	Diskripsi perconto	EOM (ppm)	TOC	Sat.	Aro.	NSO	Asp.	HC (ppm)	Ekstrak (mg/g TOC)	HC (mg/g TOC)	Pr/Ph	Pr/n-C <sub>17</sub>	Pr/n-C <sub>28</sub>	CPI	C <sub>25</sub> -C <sub>33</sub> /C <sub>15</sub> -C <sub>29</sub>
						(%berat)								Pr/n-C <sub>17</sub>	Pr/n-C <sub>28</sub>		
1	KPR-1	Permukaan	Minyak rembesan	-	-	62.57	34.50	2.93	-	-	-	-	1.51	0.67	0.52	1.00	0.13
2	LWL-1	Permukaan	Impregnasi aspal	-	-	23.42	10.36	21.41	44.81	-	-	-	BIODEGRADASI				
3	LWL-1(deasph)	Permukaan	Impregnasi aspal	-	-	68.56	29.42	2.02	-	-	-	-	BIODEGRADASI				
4	OBE-2	Permukaan	Lelehan aspal	-	-	31.53	19.17	35.67	13.63	-	-	-	BIODEGRADASI				
5	TRW-1	Permukaan	Serpih	9,239	11.57	26.65	8.32	65.03	-	3,231	79.85	12.12	1.21	1.99	1.61	1.32	3.34

**Catatan:**

EOM : gram bitumen/gram sample x 10 <sup>6</sup> (ppm)	Pr : Pristana	HC (ppm) : (%sat + %aro) x Ekstrak ppm
TOC : Total Karbon Organik (%wt)	Ph : Fkano	Ekstrak (mg/g TOC) : Ekstrak (ppm) / 10 x TOC
Sat : Fraksi Saturat	n-C <sub>17</sub> : Alkana normal	HC (mg/g TOC) : HC (ppm) / 10 x TOC
Aro : Fraksi Aromatik	CPI : Carbon Preference Index	
NSO : Fraksi non-polar	CPI = (C <sub>25</sub> +C <sub>27</sub> +C <sub>29</sub> )/(C <sub>27</sub> +C <sub>29</sub> +C <sub>31</sub> )/2*(C <sub>28</sub> +C <sub>30</sub> )	
Asp : Fraksi Asfaltena		

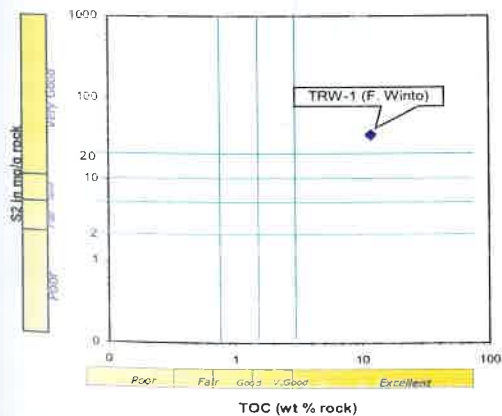




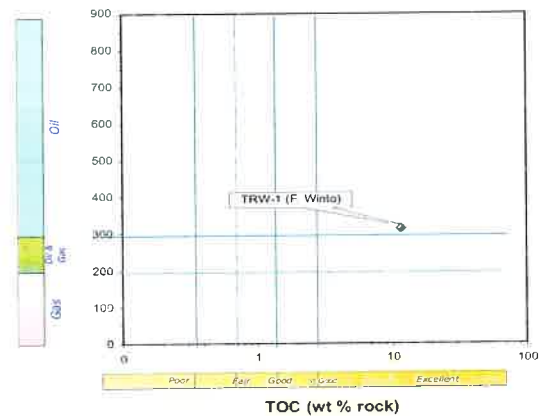
Tabel 6  
Identifikasi Pik Senyawa Terpana dan Triterpana

Notasi Pik	Jumlah Karbon	Nama Senyawa
19/3	C <sub>19</sub>	C <sub>19</sub> Tricyclic terpane
20/3	C <sub>20</sub>	C <sub>20</sub> Tricyclic terpane
21/3	C <sub>21</sub>	C <sub>21</sub> Tricyclic terpane
23/3	C <sub>23</sub>	C <sub>23</sub> Tricyclic terpane
24/3	C <sub>24</sub>	C <sub>24</sub> Tricyclic terpane
25/3	C <sub>25</sub>	C <sub>25</sub> Tricyclic terpane
24/4	C <sub>24</sub>	C <sub>24</sub> Tetracyclic terpane
26/3	C <sub>26</sub>	C <sub>26</sub> Tricyclic terpane (S+R)
28/3	C <sub>28</sub>	C <sub>28</sub> Tricyclic terpane (S+R)
29/3	C <sub>29</sub>	C <sub>29</sub> Tricyclic terpane (S+R)
30/3	C <sub>30</sub>	C <sub>30</sub> Tricyclic terpane (S+R)
31/3	C <sub>31</sub>	C <sub>31</sub> Tricyclic terpane (S+R)
27/5 Ts	C <sub>27</sub>	22,29,30- Trisnorneohopane (Ts)
27/5 Tm	C <sub>27</sub>	22,29,30- Trisnorhopane (Tm)
29/5	C <sub>29</sub>	17a,21b-30-Norhopane
D	C <sub>30</sub>	Diahopane
NM	C <sub>29</sub>	17? ,21? 30-Normoretane
30/5	C <sub>30</sub>	17b,21a-Hopane
M	C <sub>30</sub>	17? 21? Moretane
31/5	C <sub>31</sub>	17? 21? Homohopane 22S
31/5	C <sub>31</sub>	17? 21? Homohopane 22R
32/5	C <sub>32</sub>	17? 21? Bishomohopane 22S
32/5	C <sub>32</sub>	17? 21? Bishomohopane 22R
G	C <sub>30</sub>	Gamacerane
33/5	C <sub>33</sub>	17? 21? Trishomohopane 22S
33/5	C <sub>33</sub>	17? 21? Trishomohopane 22R
34/5	C <sub>34</sub>	17? 21? Tetrakishomohopane 22S
34/5	C <sub>34</sub>	17? 21? Tetrakishomohopane 22R
35/5	C <sub>35</sub>	17? 21? Pentakishomohopane 22S
35/5	C <sub>35</sub>	17? 21? Pentakishomohopane 22R

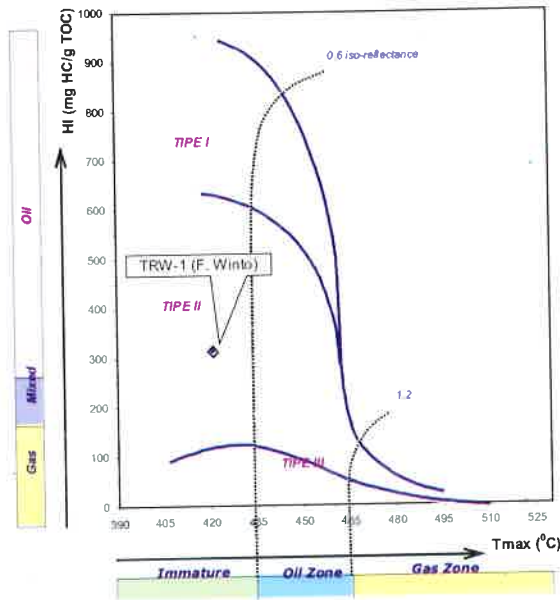
Gambar 1  
TOC vs S2



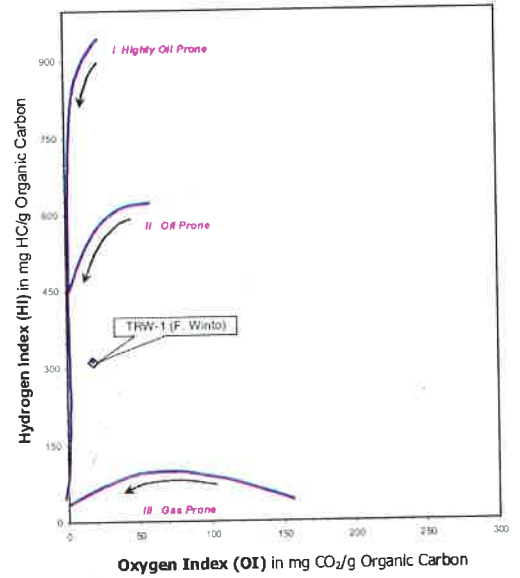
Gambar 2  
TOC vs Indeks Hidrogen (HI)



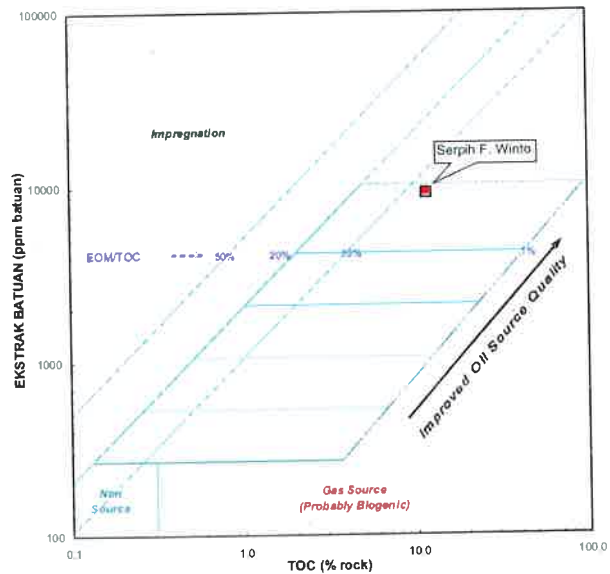
**Gambar 3**  
Tmax vs Indeks Hidrogen (HI)

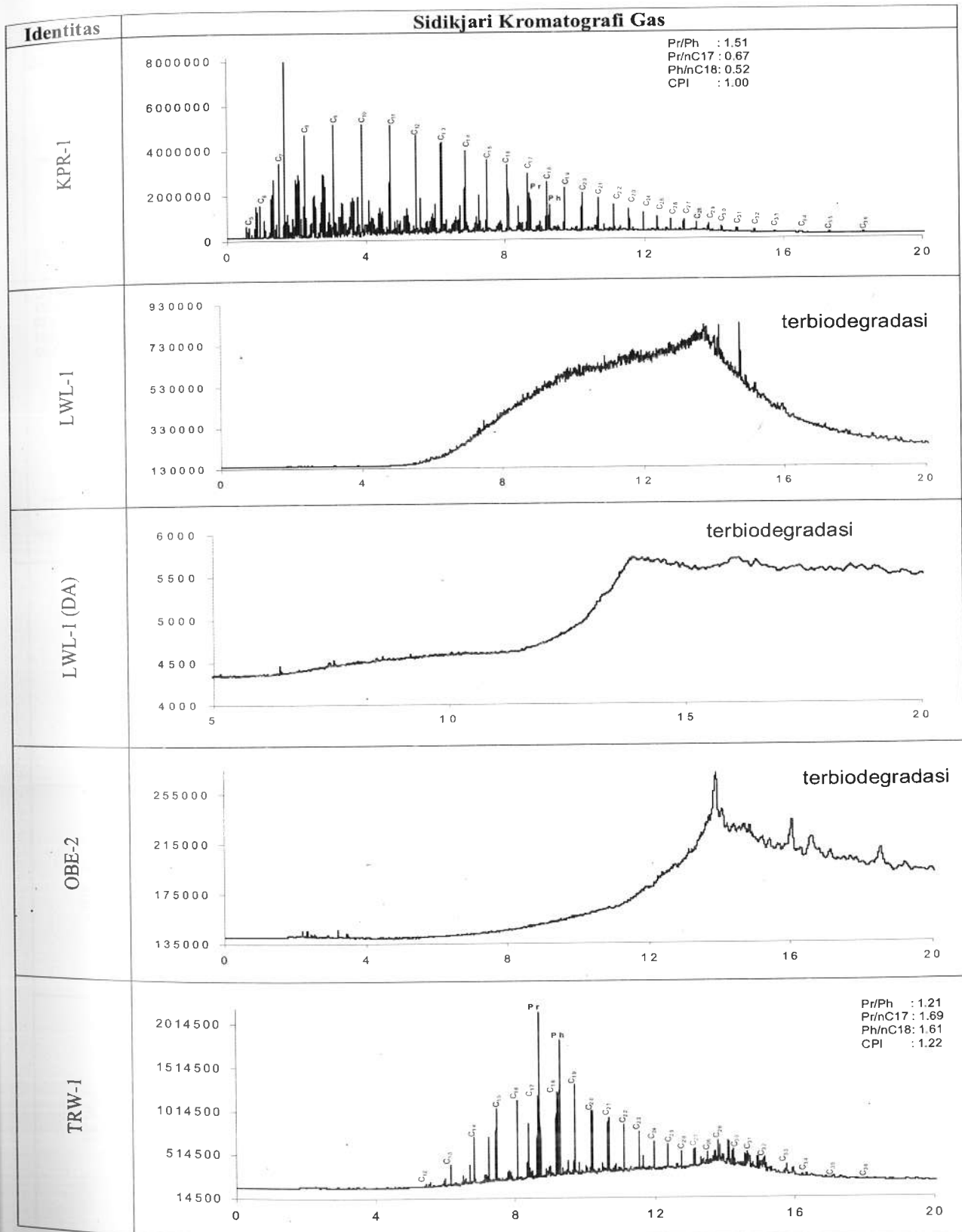


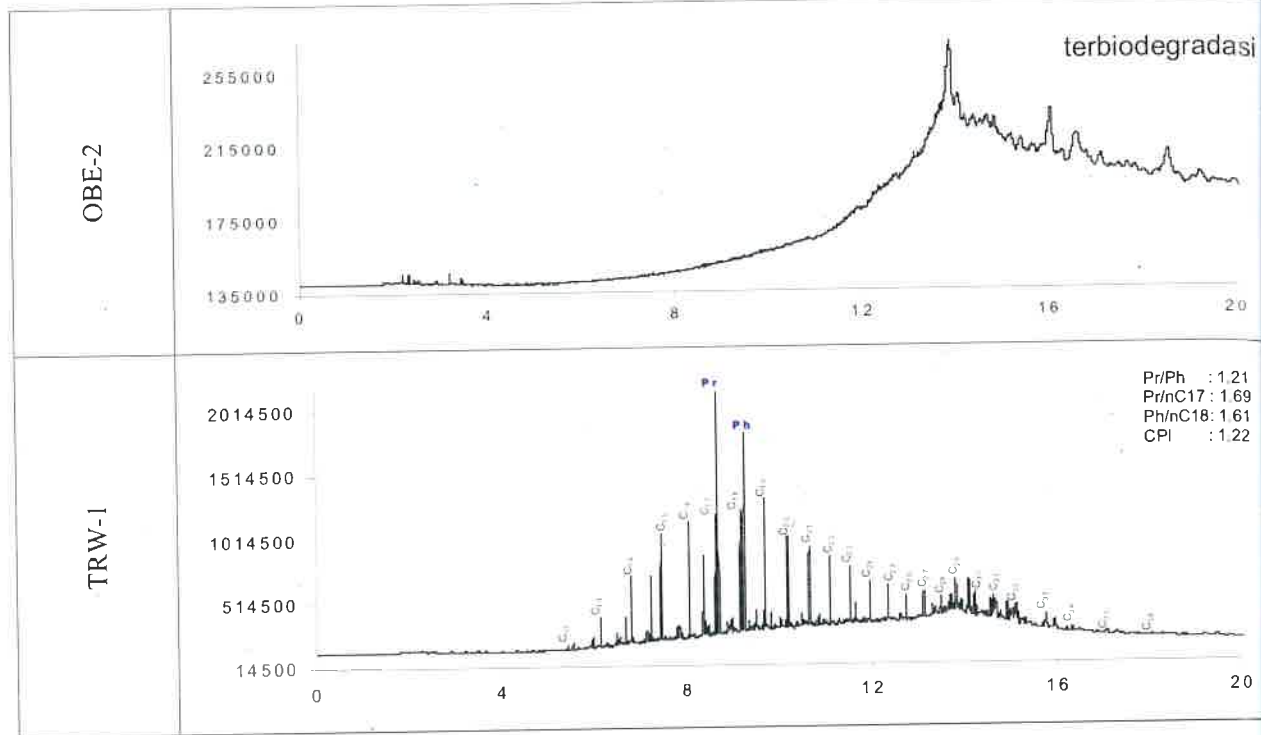
**Gambar 4**  
Indek Oksigen (OI) vs Indeks Hidrogen (HI)



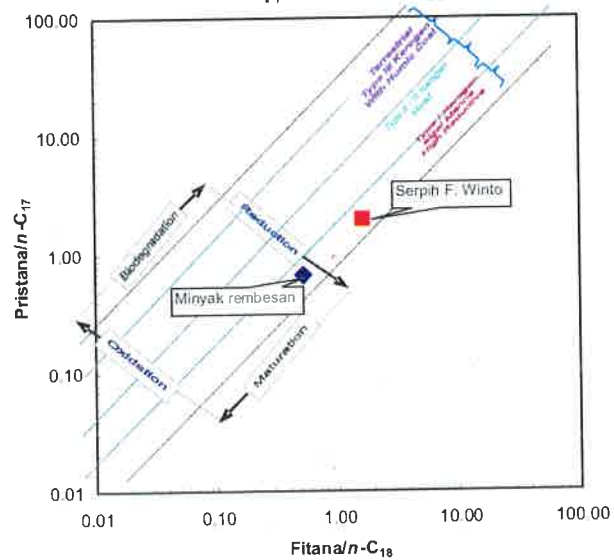
**Gambar 5**  
TOC vs TOTAL EKSTRAK

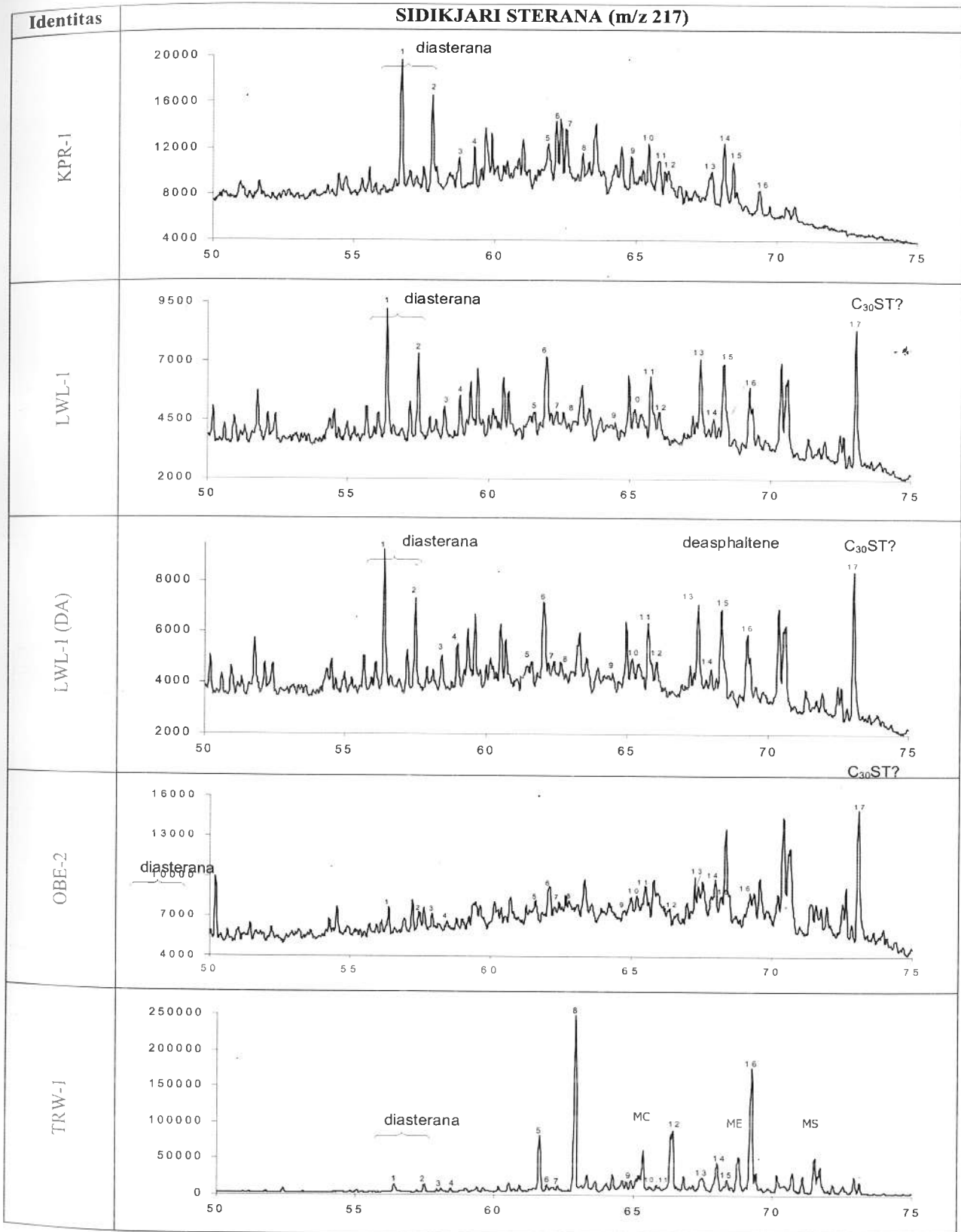




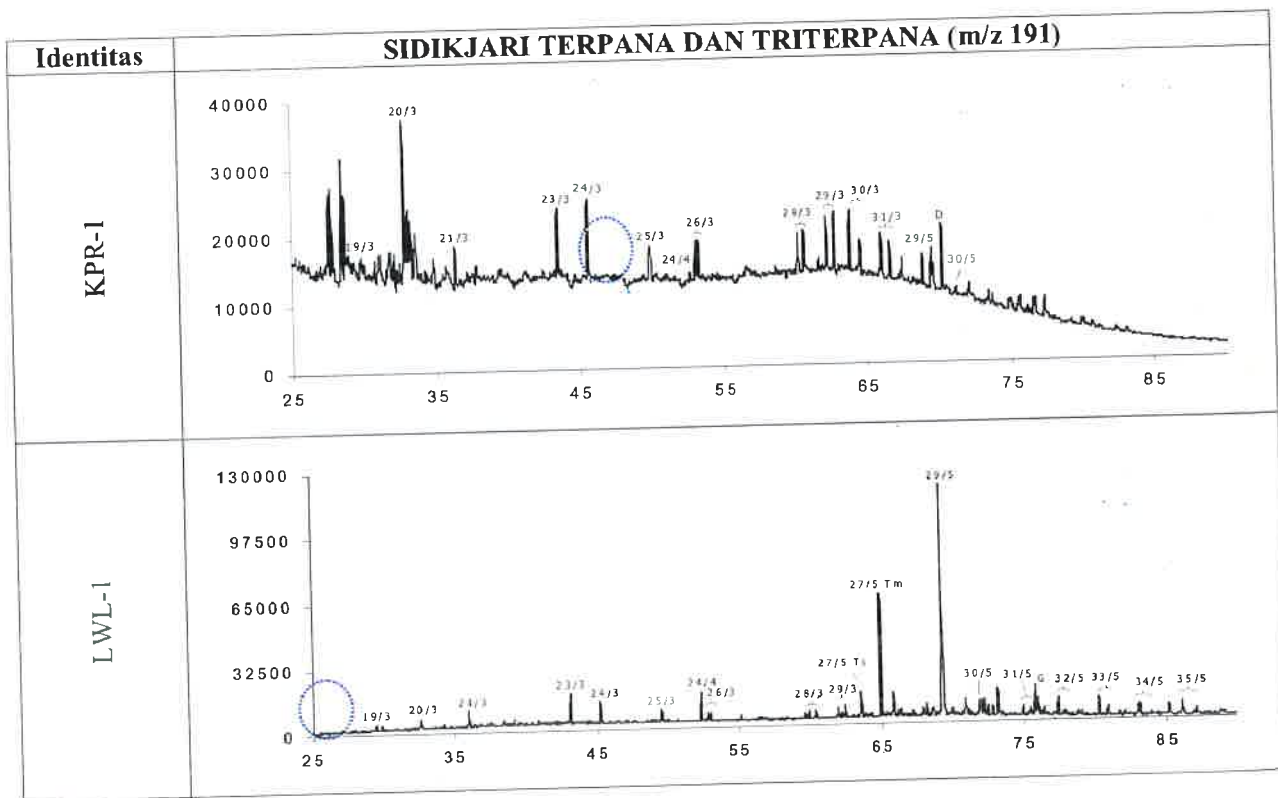
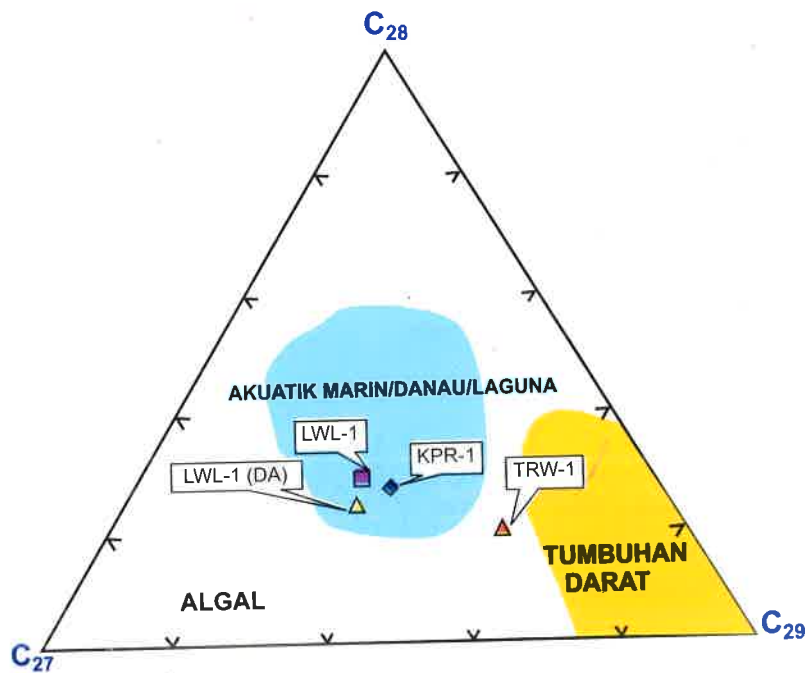


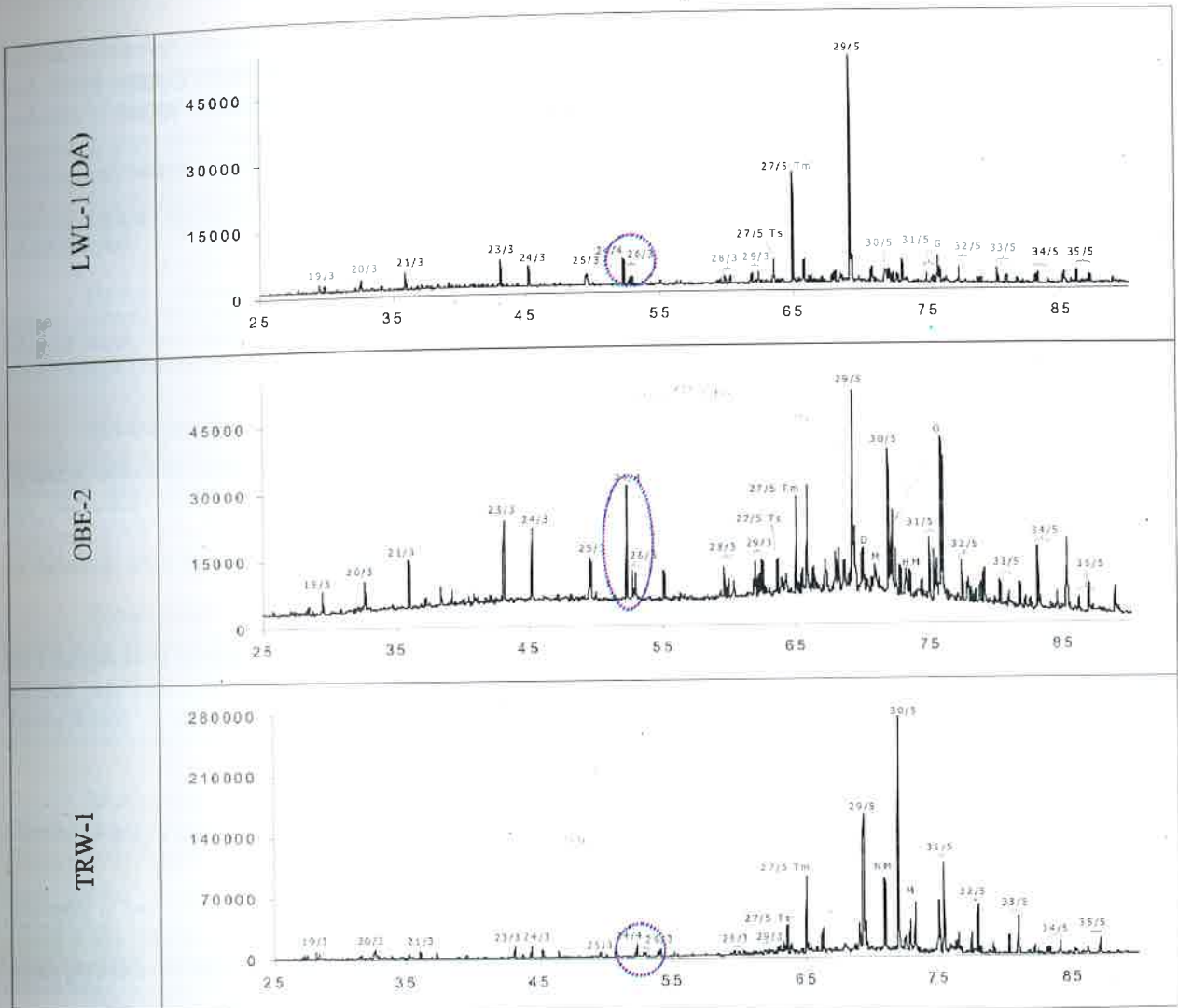
**Gambar 7**  
**Pr/n-C<sub>17</sub> vs Ph/n-C<sub>18</sub>**





Gambar 9  
DIAGRAM SEGITIGA KOMPOSISI STERANA





Gambar-10. Ion kromatogram (m/z 191) berurutan dari atas ke bawah : minyak rembesan (KPR-1), aspal rembesan (LWL-1); LWL-1 (DA) dan aspal (OBE-2) serta ekstrak bitumen padat (TRW-1)

## SISTIM DAN KEDALAMAN LAPISAN PENUDUNG SERTA RESERVOAR: RE-INTERPRETASI DATA TAHANAN JENIS DAERAH PANAS BUMI NON VULKANIK - WAESALIT, P.BURU- PROPINSI MALUKU

oleh

**ALANDA IDRAL**

Kelompok Program Penelitian Bawah Permukaan  
PUSAT SUMBER DAYA GEOLOGI

### Sari

Hasil Penelitian geofisika tahanan jenis (pemetaan dan pendugaan tahanan jenis) yang telah dilakukan di daerah panas bumi Waesalit menyimpulkan lapisan yang diperkirakan sebagai lapisan penudung berada pada kedalaman 150 - 300 m dengan ketebalan 300-400m dan dengan nilai tahanan jenis  $< 100$  ohm-m; sedangkan lapisan yang diduga sebagai reservoir berada pada kedalaman  $> 600$  m dengan nilai tahanan jenis  $> 100$  ohm-m. Sistem panas bumi di daerah ini diperkirakan berkaitan dengan tubuh intrusi vulkanik yang tidak muncul ke permukaan.

Hasil reinterpretasi tahanan jenis yang dilakukan oleh penulis menyimpulkan zona tahanan jenis rendah ( $20$  ohm-m) yang merupakan batuan penudung berada pada kedalaman  $> 700$  m dan dengan ketebalan  $125 - 200$  m; sedangkan puncak zona reservoir dengan tahanan jenis  $> 125$  ohm-m berada pada kedalaman  $> 1000$  m. Sistem panas bumi di daerah ini diduga merupakan suatu proses vulkano tektonik pada batuan malihan.

### ABSTRACT

The result of resistivity methods (mapping and sounding resistivities) that has been conducted in Waesalit geothermal area concluded that the clay cap is considered at  $150 - 300$  m depth, whilst the thickness is of  $300 - 400$  m thickness with the resistivity values of  $< 100$  ohm-m. Meanwhile, the reservoir is assumed at a depth of  $> 600$  m with the resistivity value of  $> 100$  ohm-m. The geothermal system in the area is considered to be associated with the concealed volcanic body.

The re-interpreted resistivity data summarized that the low resistivity zone (clay cap) with the value of  $20$  ohm-m considered at a depth of  $> 700$  m with the thickness of  $125 - 200$  m, while the reservoir zone is found at the depth of  $> 1000$  m, and its resistivity value is  $> 125$  ohm-m. The system of geothermal in the area is assumed to be associated with volcano-tectonic processes at metamorphic rocks.

### PENDAHULUAN.

Daerah panas bumi Waesalit terletak di Kabupaten Buru, Provinsi Maluku, +/-  $60$  km baratdaya Namlea (gambar 1), dengan koordinat UTM.  $9605000$  mU  $962000$  mU dan  $255000$  mT  $270000$  mT. Kebanyakan manifestasi panas bumi berlokasi di daerah vulkanik, sedangkan manifestasi panas bumi di daerah Waesalit yang berupa mata air panas (m.a.p.), batuan ubahan, dan fumarol terdapat pada batuan non vulkanik (malihan).

Pusat Sumber Daya Geologi pada tahun 2007 telah melakukan penyelidikan terpadu geologi, geokimia dan geofisika (tahanan jenis, gravitasi dan geomagnetik) di daerah tsb. Berdasarkan hasil penafsiran tahanan jenis oleh Zarkasi dkk disimpulkan kedalaman lapisan penudung dan reservoir masing-masing terdapat pada kedalaman  $< 300$  m dan  $> 600$  m. Menurut hemat penulis kedalaman kedua lapisan tsb relatif dangkal untuk manifestasi panas bumi yang berada pada lingkungan non vulkanik. Sebagai contoh di Thailand, Jepang dan



Austria kedalaman untuk lapisan penudung dan reservoir jauh diatas yang diperkirakan oleh Zarkasi dkk, maka makalah ini mencoba mengkaji ulang kedalaman lapisan penudung dan reservoir serta sistim panas bumi berdasarkan data tahanan jenis yang ada.

**RINGKASAN GEOLOGI DAN MANIFESTASI PANASBUMI.**

Daerah Waesalit dan sekitarnya disusun oleh batuan metamorfik/malihan (sekis dan filit) yang berumur Permian Awal; batu lempung berumur Kuartar, endapan undak sungai (Kuartar) dan alluvium. (gambar 2).

Struktur geologi yang berkembang didaerah ini berupa sesar normal geser atau oblique (Waekedang, Waesalit), sesar mendatar (Waetina) dan sesar normal Debu. Sesar-sesar tsb umumnya berarah baratdaya-timurlaut dan baratlaut-tenggara (Nurhadi, dkk 2007).

Kenampakan gejala panas bumi di daerah panas bumi Waesalit berupa mata air panas, fumarol dan tanah panas dengan hembusan uap, sinter silika serta batuan ubahan. Zona ubahan (phylic dan argilic) disusun oleh mineral lempung seperti kaolinit, illit, alunit.

Munculnya illite menunjukkan temperatur pembentukannya berada pada suhu yang cukup tinggi, antara 240°C - 300°C menunjukkan tipe hidrotermal pada zona phyllic. Sedangkan munculnya mineral alunit menunjukkan tipe hidrotermal pada zona advance argilic, mineral alunit biasanya berasosiasi dengan tipe air panas asam dengan sulfida tinggi.

Manifestasi tsb muncul di beberapa lokasi yang tersebar di sepanjang pinggir Sungai Waekedang atau biasa disebut Sungai Pemali. Selain itu di sekitar mata air panas Waesalit (di sekitar Sungai Pemali) terdapat endapan belerang yang berwarna ke-kuning-kuningan.

Analisa geokimia mata air panas (m.a.p.) di daerah ini (Sulaiman, B. dkk. 2007) menunjukkan mata air panas Waesalit yang bertemperatur tinggi antara T: 98.80 - 101.30 C, termasuk tipe bikarbonat, dengan sistim up flow, sedangkan T reservoir berkisar antara 227o - 247o C, dan termasuk tipe entalpi tinggi.

**RINGKASAN HASIL PENYELIDIKAN TAHANAN JENIS**

Peta Tahanan Jenis Semu

Zarkasi, dkk (2007) menyimpulkan daerah bertahanan jenis rendah dengan nilai < 100 ohm-m terdapat disekitar mata air panas Waesalit dan di bagian selatan tenggara Zona tahanan jenis rendah disekitar mata air panas berkaitan dengan batuan ubahan hidrotermal, sedangkan di selatan tenggara berhubungan dengan zona graben sesar Waesalit yang disusun oleh batuan sedimen. Daerah bertahanan jenis rendah ini membentuk pola melidat yang membuka kearah tenggara dan timurlaut, (gambar 3).

Daerah bertahanan jenis sedang (>75-200 ohm-m) tampak dibagian tengah daerah penyelidikan diapit oleh daerah bertahanan jenis rendah (diselatan) dan tinggi (di utara). Zona tahanan jenis sedang disekitar mata air panas Waesalit ditafsirkan merupakan batuan malihan yang terpengaruh aktifitas panas bumi dalam tingkat rendah.

Zona tahanan jenis tinggi (> 200 ohm-m) yang tampak di utara batat laut berkaitan dengan batuan malihan yang masih segar dan belum terubahkan.

Secara umum peta tahanan jenis AB/2:250 m s/d AB/2:1000 m memperlihatkan pola yang relatif sama yang ditandai dengan makin meluasnya daerah bertahanan jenis sedang dan rendah dengan bertambahnya kedalaman dan menyatunya daerah bertahanan jenis rendah yang disebabkan oleh ubahan dengan daerah yang ditempati oleh batuan sedimen di selatan tenggara (zona depresi).

**Penampang Tahanan Jenis Semu**

Analisa penampang tahanan jenis semu A-C-D-E-F-G yang dilakukan oleh Zarkasi dkk, (2007) memperlihatkan nilai tahanan jenis semu rendah berada ditenggara dan makin ke baratlaut nilai tahanan jenis semu cenderung membesar. Sedangkan pada penampang tahanan jenis semu B nilai tahanan jenis semu tinggi terdapat dipermukaan dan makin mengecil dengan bertambahnya kedalaman (gambar 4). Zarkasi juga menyebutkan nilai tahanan jenis tinggi disekitar lintasan C-4500 berhubungan dengan batuan intrusi.

**Penampang Tahanan Jenis Sebenarnya**

Pada penampang tahanan jenis sebenarnya

nilai tahanan jenis di bagi menjadi 3 kelompok (gambar 5) yaitu:

- a) kelompok resistiviti rendah < 75 - 100  $\Omega$ m,
- b) kelompok resistiviti sedang 75 - 200  $\Omega$ m
- c) kelompok resistiviti tinggi > 100 - > 200  $\Omega$ m.

Lapisan yang diduga sebagai lapisan penudung berada pada lapisan keempat dengan kedalaman puncak lapisan antara 150 s.d. 300 m dan tebal 300 s.d. 400 m. Lapisan ini disusun oleh kelompok resistiviti rendah <100  $\Omega$ m.

Lapisan yang diduga sebagai reservoir daerah panas bumi Wapsalit, berdasarkan penampang tahanan jenis sebenarnya, mempunyai nilai tahanan jenis >100  $\Omega$ m dan kedalaman puncak resevoir belum diketahui karena tidak terdeteksi., atau diperkirakan lebih dari 600 m, sedangkan lapisan reservoirnya diperkirakan batuan malihan (Zarkasi, dkk 2007).

## RE-ANALISA DATA TAHANAN JENIS

Re-analisa data tahanan jenis dilakukan berdasarkan pengelompokkan nilai dan pola anomali tahanan jenis, kemudian dihubungkan dengan batuan dan struktur geologi serta sistim panas bumi yang ada didaerah tsb. Re-analisa tsb meliputi data pemetaan tahanan jenis AB/2:250 m sampai dengan AB/2: 1000 m (gambar 3 menjadi gambar 6), data penampang tahanan jenis semu lintasan A-G (gambar 4 menjadi gambar 7) dan data pendugaan tahanan jenis lintasan melintang A-B-C-D-E (gambar 5 menjadi gambar 8).

## Hasil Re-interpretasi Data Tahanan Jenis

### Peta Tahanan Jenis Semu

Dari peta tahanan jenis semu (/os) diharapkan terdapat daerah bernilai tahanan jenis rendah atau daerah konduktif, (karena nilai tahanan jenis rendah merupakan indikator paling baik untuk keberadaan daerah prospek panasbumi dibawah permukaan), karena umumnya berasosiasi dengan upflow fluida panasbumi. (Anderson et al, 2000)

Keempat peta sama tahanan jenis semu AB/2 1000m, 750 m, 500 m dan 250 m juga memperlihatkan

pola tiga zona tahanan jenis semu yaitu tahanan jenis semu tinggi/resistif (> 110 ohm-m) di utara, zona tahanan jenis semu sedang/semi konduktif (60-110 ohm-m) dibagian tengah, dan zona tahanan jenis semu rendah/konduktif (< 60 ohm-m) di selatan dan sedikit disekitar m.a.p. Waesalit. Batas kontak masing zona relatif konstan dengan arah baratdaya. Batas kontak tsb mengindikasikan struktur (sesar?) dengan arah yang sama dengan daerah tsb diatas.

Zona (/os) sedang (60--110 ohm-m) pada kedalaman 1000 membentuk pola melidah mengarah baratlaut (ke mata air panas Waesalit) dan bertopografi tinggi dan membuka ke timur. Daerah bertopografi rendah, hal ini mengindikasikan pola anomali tahanan jenis semu sedang di suatu sistem panasbumi, seperti diuraikan oleh Sulaiman, B (20007) dari hasil geokimia.

Zona tahanan jenis semu sedang meluas dengan bertambahnya kedalaman dengan membesarnya bentangan AB/2, (gambar 3 menjadi gambar 6). Sedangkan kondisi geologi untuk masing-masing tsb relatif sama seperti yang telah diuraikan oleh dkk. Sedangkan zona ubahan yang termanifestasi Waesalit disebabkan naiknya suhu melalui bidang-bidang lemah seperti foliasi malihan, sesar maupun rekahan

### Penampang Tahanan Jenis Semu.

Gambar 7 memperlihatkan 6 dari 7 penampang tahanan jenis semu (/os) dan mempunyai karakter relatif hampir sama (kecuali lintasan B) dengan tahanan jenis relatif rendah (< 80 ohm-m) di bagian tenggara lintasan, sedangkan dibagian utara nilai tahanan jenisnya relatif tinggi- sedang, yaitu antara 80 400 ohm-m.

Kedua blok tersebut diperkirakan dibatasi oleh oblik Waesalit yang berfungsi sebagai batas antara batuan malihan dan batuan malihan.

Sedangkan penampang lintasan B yang merupakan panas Waesalit memperlihatkan nilai tahanan jenis > 80 ohm-m) tampak dipermukaan, selanjutnya bertambahnya kedalaman nilai tahanan jenis cenderung menurun (40-80 ohm-m).

itu penampang tahanan jenis semu juga memperlihatkan adanya struktur sesar yang terdapat di laut dan tenggara lintasan dengan arah timurlaut-daya dan hampir utara-selatan.

### Penampang Tahanan Jenis Sebenarnya.

Gambar 8 memperlihatkan penampang (o) sebenarnya (A.3100 E.5500). penampang tsb, menunjukkan secara vertikal dan lateral adanya :

- lapisan-lapisan yang bernilai tahanan jenis tinggi atau daerah resistif,
- lapisan-lapisan yang bernilai tahanan agak tinggi atau daerah semi resistif
- lapisan bernilai tahanan jenis sedang /semi konduktif
- lapisan bernilai tahanan jenis rendah atau daerah konduktif

Lapisan dengan nilai ( $\rho$ ) ( 100->500 ohm-m ) disusun oleh batuan permukaan/ malihan (sekis dan filit) yang segar dan lapuk.. Lapisan ini terdapat mulai dari permukaan sampai pada kedalaman 200 m atau lebih di muka tanah setempat. Lapisan yang bernilai tahanan jenis agak tinggi atau semi resistif (100-200 ohm-m) terdapat pada kedalaman 100 - > 500 m dari muka tanah setempat, lapisan ini diperkirakan merupakan batuan malihan. Lapisan dengan tahanan jenis sedang atau semi konduktif dengan nilai tahanan jenis 50 - 90 ohm m diperkirakan merupakan batuan terubah sedikit serta batuan lapuk dan disusun oleh batuan malihan. Lapisan yang bernilai tahanan jenis rendah antara 20 - 30 ohm m merupakan lapisan terubah yang bersifat konduktif, lapisan yang diperkirakan sebagai lapisan penutup (lay cap) dengan nilai tahanan jenis 20 ohm terdapat pada kedalaman > 700 m. Di bawah lapisan ini (pada kedalaman > 1000 m) terdapat lagi lapisan semi resistif dengan nilai 125 ohm-m, dan diperkirakan merupakan batuan terobosan yang bertindak sebagai lapisan reservoir, dikarenakan adanya aktivitas fluida panas bumi pada reservoir tersebut bahkan dalam bentuk gas-gas sehingga daerah ini relatif resistif. Keberadaan batuan terobosan tsb juga didukung oleh data anomali gayaberat sisa yang memperlihatkan adanya batuan dengan densitas tinggi di sekitar daerah tersebut ( Edi Sumardi dkk 2007).

Disamping itu penampang tahanan jenis ini juga

memperlihatkan adanya 2 struktur sesar yang berarah timurlaut-baratdaya,

### PEMBAHASAN.

Terjadinya sistim panasbumi pada suatu daerah disebabkan oleh beberapa proses seperti proses vulkanisme, tektonik dan volkano-tektonik, sedangkan pembentukan panas bumi di Indonesia umumnya berhubungan dengan daerah vulkanik (orogenesis muda yang berumur kuartar atau resen) dan non vulkanik (tektonik atau vulkanotektonik).

P.Buru (daerah Wesalit) merupakan pulau terbarat dari Busur Banda Luar bagian utara yang tidak bergunung api. Busur ini berupa rangkaian pulau yang terbentang mengelilingi Laut Banda, mulai dari P. Buru melalui P. Seram, Kep. Tanimbar, P. Timor sampai P. Sumba.

Dengan kondisi P.Buru yang bukan merupakan jalur gunung api maka sistim panas bumi Waesalit diperkirakan berkaitan dengan aktifitas tektonik dan vulkanik (intrusi) bawah permukaan?. Kondisi tsb diatas didukung oleh re-interpretasi data tahanan jenis, yakni dengan adanya nilai tahanan jenis semu relatif tinggi yang berbentuk lensa di timur m.a.p. Waesalit atau disekitar titik amat C-3500 dan C-4500, (gambar 7) serta adanya endapan belerang disekitar mata air panas Waesalit. Adanya kedua indikasi tsb diperkirakan berkaitan dengan batuan terobosan dan atau aktifitas vulkanik bawah permukaan yang tidak tersingkap. Dengan adanya aktifitas tektonik dan aktifitas gunung api bawah permukaan? tsb menyebabkan terjadinya sesar-sesar dan kekar-kekar didaerah Waesalit. Struktur sesar akibat proses tsb, terutama sesar yang mengagap mata air panas (m.a.p.) Waesalit (sesar Waikedang dan kompleks sesar Waemetar yang berarah hampir barat-timur dan timurlaut-baratdaya) inilah yang diperkirakan mengontrol kenampakan m.a.p. tsb kepermukaan. Adanya sesar yang saling berpotongan, kekar-kekar dan foliasi batuan metamorfik yang berarah tidak beraturan yang membuka saat stress berkurang sehingga memudahkan naik/keluarnya fluida panas kepermukaan sehingga terjadi tanah panas dan ubahan terhadap batuan malihan yang dilaluinya. Selain proses tsb, kondisi tsb diatas juga membentuk daerah permeabilitas yang potensial untuk dapat terbentuknya sistem panasbumi di daerah Waesalit.

Daerah prospek panasbumi Waesalit dibatasi oleh kontur daerah semi konduktif dengan dengan nilai tahanan jenis semu sedang, 60-110 ohm-m, (menurut Zarkasi,dkk nilai  $\rho_s < 100$  ohm-m) dan berasosiasi dengan manifestasi permukaan berupa mata air panas, tanah panas, fumarol dan silika sinter serta daerah ubahan berupa pilik dan argilik. Sedangkan daerah dengan tahanan jenis semu rendah di selatan tenggara diperkirakan berkaitan dengan struktur graben yang ditempati oleh batuan sedimen yang ada disekitar daerah tsb.

Daerah prospek (daerah semi konduktif) tampak makin membesar seiring bertambahnya kedalaman atau membesarnya bentangan AB/2. Zona tahanan jenis semu sedang yang terdeteksi berada diantara sesar Waekedang dan sesar Waesalit dan berada dekat permukaan sampai kedalaman sekitar 500 meter dari permukaan (AB/2:1000m). Berdasarkan hal tsb diatas serta dikombinasikan dengan luasnya daerah ubahan, maka luas daerah prospek panas bumi Waesalit diperkirakan 5 km<sup>2</sup>. (menurut Zarkasi dkk: 4 km<sup>2</sup>) Berbeda dengan daerah vulkanik dimana daerah prospek yang biasanya mempunyai nilai tahanan jenis semu < 10 ohm-m, maka pada daerah Waesalit ( daerah non vulkanik) daerah prospek mempunyai nilai tahanan jenis semu relatif tinggi (60-110 ohm-m, hal ini mungkin ada kaitannya dengan dominannya mineral kwarsit (yang relatif keras/resistan)) pada batuan metamorfik di daerah tsb (filit, skis dan kwarsit).

Penampang tahanan jenis sebenarnya, (gambar-7) memperlihatkan lapisan penudung terdapat pada kedalaman > 700 m. (menurut Zarkasi,dkk-150-300 m). Interpretasi tersebut berdasarkan pada lapisan konduktif dengan nilai tahanan jenis 20 ohm m dibawah titik duga D-4150, (sedangkan penafsiran Zarkasi dkk  $\rho_s$  lapisan penudung < 100 ohm-m). Batuan yang berfungsi sebagai batuan penudung diperkirakan batuan terobosan yang terubahkan kuat, sedangkan tipe alterasi pada batuan penudung diperkirakan sama dengan tipe ubahan yang terjadi dipermukaan, yakni bertipe pilik dan argilik.

Berdasarkan penampang tahanan jenis (A-E), puncak lapisan reservoir berada pada kedalaman > 1000 m di bawah titik amat D-4150, dengan nilai ( $\rho_s$ ) 125 ohm-m, sedangkan menurut Zarkasi,dkk puncak reservoir tidak diketahui atau diperkirakan > 600m.

Penampang tersebut juga memperlihatkan zona reservoir berada pada daerah semi konduktif pada peta tahanan jenis semu permukaan, hal ini mengindikasikan adanya lapisan penudung dan reservoir di bawah permukaan.

Untuk daerah manifestasi panas bumi pada jalur non vulkanik kedalam reservoir biasanya sangat dalam mencapai berkisar antara > 1000 m 3000 m, misalnya seperti di Thailand dan Jepang manifestasi panasbuminya berhubungan dengan batuan pluton/non vulkanik (Manop, 2000 dan Shiro,2000).

Batuan yang berfungsi sebagai reservoir diperkirakan berupa batuan terobosan yang mempunyai permeabilitas sekunder dan primer yang baik (batuan malihan menurut Zarkasi,dkk). Permeabilitas sekunder terbentuk akibat aktifitas tektonik yang membentuk kekar-kekar, rekahan dan pensesaran, sehingga memungkinkan fluida untuk bersarang pada formasi batuan tsb, sedangkan permeabilitas primer terbentuk sejak awal terbentuknya batuan. Tipe alterasi pada batuan reservoir belum dapat ditentukan karena belum ada data pemboran, akan tetapi bila dikorelasikan dengan tipe ubahan yang ada dipermukaan maka diperkirakan tipenya tidak jauh berbeda yakni bertipe argilik dan pilik. Ketebalan batuan reservoir juga tidak dapat diketahui secara pasti karena hasil pemodelan tahanan jenis hanya mendeteksi pucak reservoirnya saja.

Manifestasi panas bumi Waesalit terbentuk pada lingkungan batuan malihan yang berumur sangat tua (Permian). Batuan malihan tsb tidak mungkin berfungsi sebagai sumber panas, sehingga pasti ada batuan lain yang bertindak sebagai sumber panas. Berdasarkan data geofisika ( $\rho_s$ berat, geomagnet dan geolistrik) ada indikasi batuan lain (terobosan?) yang mempunyai densitas, kerentanan magnet dan resistivitas tinggi disekitar manifestasi air panas Waesalit. Adanya batuan terobosan yang berupa cairan magma tsb juga didukung data geologi (adanya endapan sulfur dan geokimia (terciumnya bau belerang yang menyengat), mengindikasikan adanya tubuh vulkanik yang tidak tersingkap didaerah tsb diatas. Berdasarkan hal tsb diatas diperkirakan sumberpanas dari sistim panas bumi Waesalit adalah batuan terobosan berupa magma atau tubuh vulkanik yang belum muncul kepermukaan

## SIMPULAN DAN SARAN.

### Simpulan.

Berdasarkan re-interpretasi data tahanan jenis daerah prospek panas bumi berada disekitar mata air panas Waesalit dengan luas 5 km<sup>2</sup> dengan potensi 39 Mwe.

Daerah prospek tsb dikontrol oleh sistem sesar berarah baratlaut-tenggara dan timurlaut-baratdaya.

Kedalaman lapisan penudung diperkirakan > 700 m, sedangkan kedalaman puncak reservoir > 1000 m

Mata air panas Waesalit bertipe upflow dan pembentukan sistem panasbumi diperkirakan akibat proses vulkanotektonik pada batuan malihan.

Bebeda dengan sistim panas bumi didaerah vulkanik dimana daerah prospek umumnya dibatasi oleh kontur tahanan jenis rendah (< 10 ohm-m), maka pada daerah non vulkanik (P.Buru) daerah prospek dibatasi oleh kontur tahanan jenis (60 - 110 ohm-m)

### Saran

Daerah prospek panas bumi Waesalit menarik dan layak untuk ditindak lanjuti mengingat :

- potensi sumber daya energinya yang cukup besar,

- lingkungan keterdapatannya berada pada batuan non vulkanik, (malihan); berbeda dengan lingkungan panas bumi yang umum dan telah dikembangkan di Indonesia (lingkungan vulkanik)

● Ambiguiti dalam menentukan kedalaman lapisan penudung dan reservoir serta statusnya masih berupa eksplorasi awal, maka disarankan untuk dilakukan penyelidikan lanjutan dengan menggunakan metoda Magnetotelurik guna mengetahui kedalaman lapisan penudung dan resevoir yang lebih akurat, dan bila hasilnya cukup baik dilanjutkan dengan pemboran landaian suhu guna mengetahui gradient panas daerah prospek panas bumi Waesalit.

### UCAPAN TERIMA KASIH.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pada rekan-rekan atas masukan dan sarannya, terutama kepada Dr. Dwipa, S., dan Raharjo H., untuk editing, saran dan masukannya, serta kepada PMG atas diterbitkannya makalah ini.

## ACUAN

Anderson, F., Crosby, D. and Ussher, G., 2000, Bulls-Eye Simple Resistivity Imaging to Reliably Locate the Geothermal Reservoir, Proceeding World Geothermal Congress 2000, May 28 - June 10, 2000, Kyushu-Tohoku, p. 901-914.

Badan Standardisasi Nasional, 1998, Klasifikasi Potensi Energi Panasbumi di Indonesia, Standar Nasional Indonesia, SNI 13-5012-1998, ICS 73.0202, Dit. Jend. Geologi dan Sumberdaya Mineral, Departemen Pertambangan dan Energi, Indonesia, 14 halaman.

Badan Standardisasi Nasional, 1999, Metode Estimasi Potensi Energi Panasbumi, Standar Nasional Indonesia, SNI 13-6171-1999, ICS 73.020, Dit. Jend. Geologi dan Sumberdaya Mineral, Departemen Pertambangan dan Energi, Indonesia, 11 halaman

Bemmelen, R.W. van, 1949, The Geology of Indonesia, Vol IA, Netherlands, The Haque.

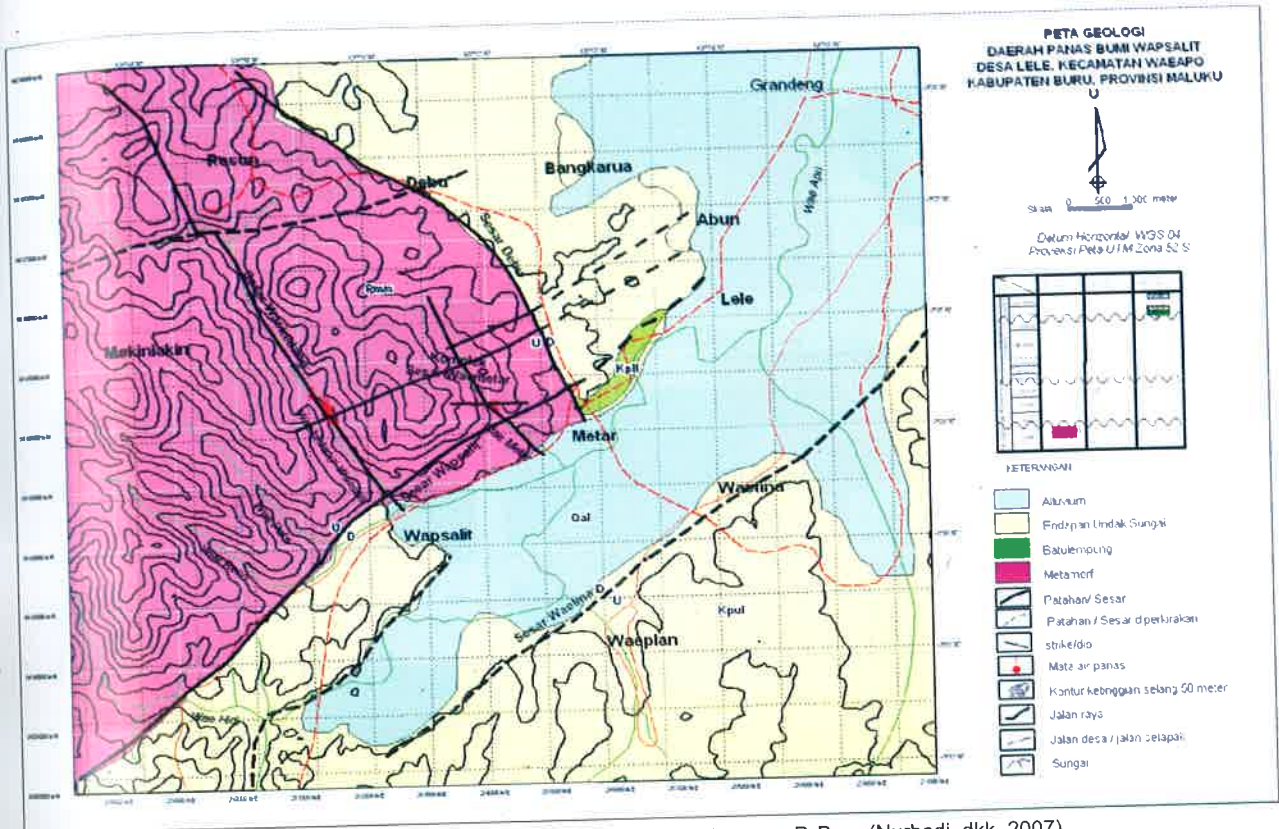
Dobrin, M.B., and Savit, C.H., 1988, Introduction to Geophysical Prospecting, 4th Edition, International Student Edition, McGraw-Hill International Book Company, New York.

Edi Sumardi; Yuano Rezki; A. Idral 2007. Penyelidikan Gayaberat dan Geomagnetik di Daerah Wapsalit, Kab. Buru, Prop. Maluku; Proceeding Pemaparan Hasil Kegiatan Lapangan dan Non Lapangan Tahun 2007; PMG.

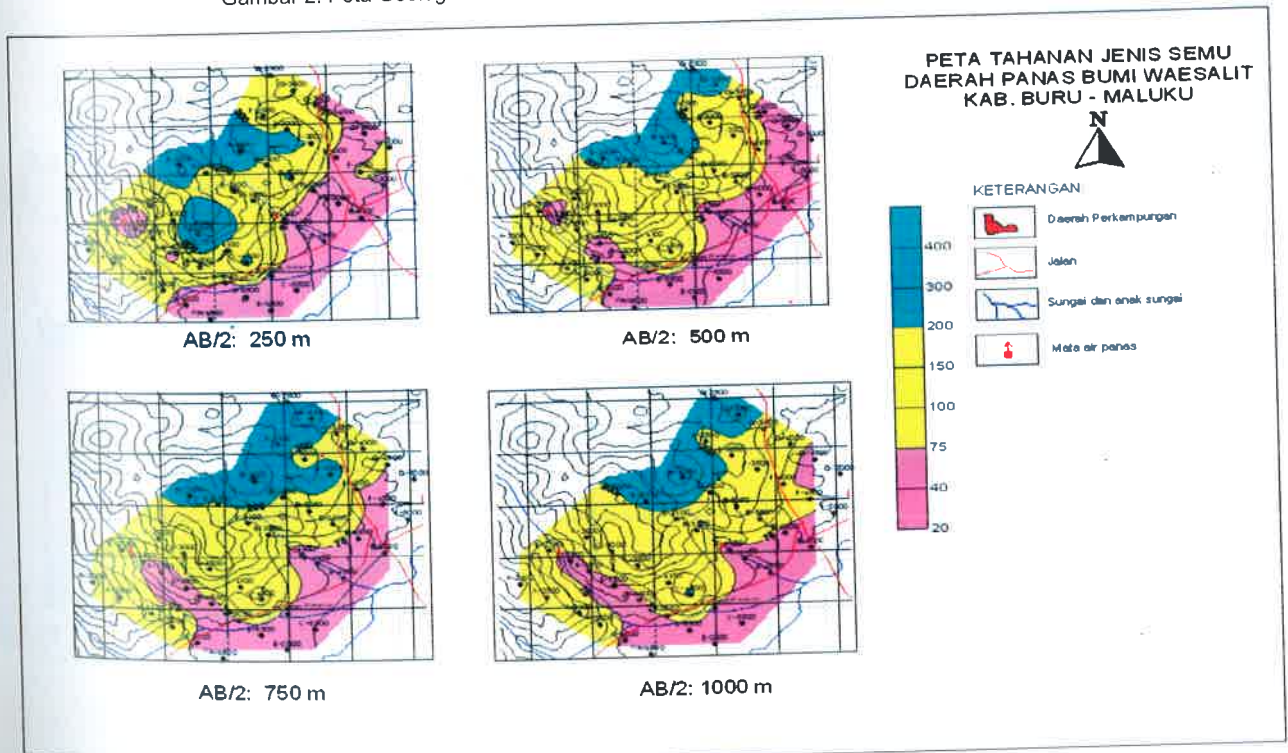
Manop Raksaskulwong, 2000: Current Issues of the Hot Spring Distribution Map in Thailand Proceedings World Geothermal Congress 2000 Kyushu - Tohoku, Japan, May 28 - June 10, 2000

Nurhadi., dkk, 2007, Peta Geologi Daerah Prospek Panasbumi Waesalit, Kab. Buru-Maluku PMG Bandung, tidak dipublikasikan.

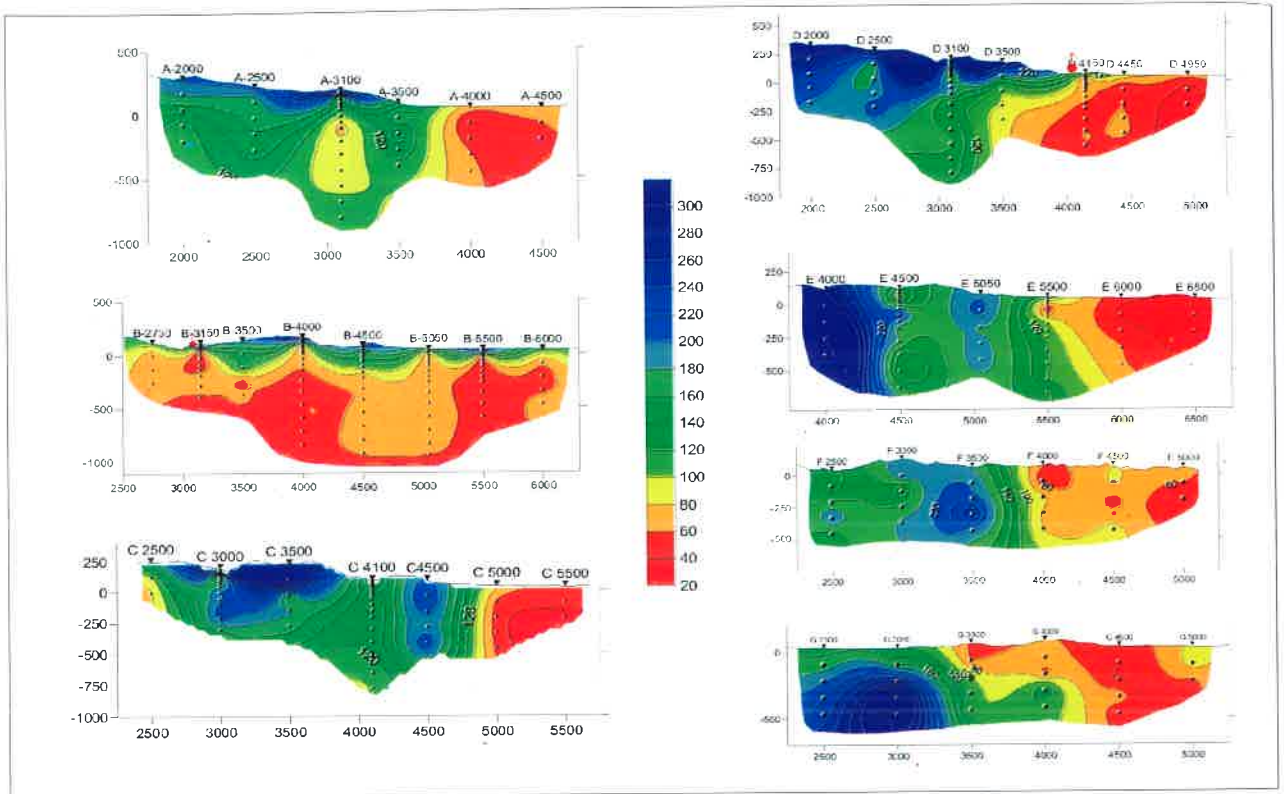




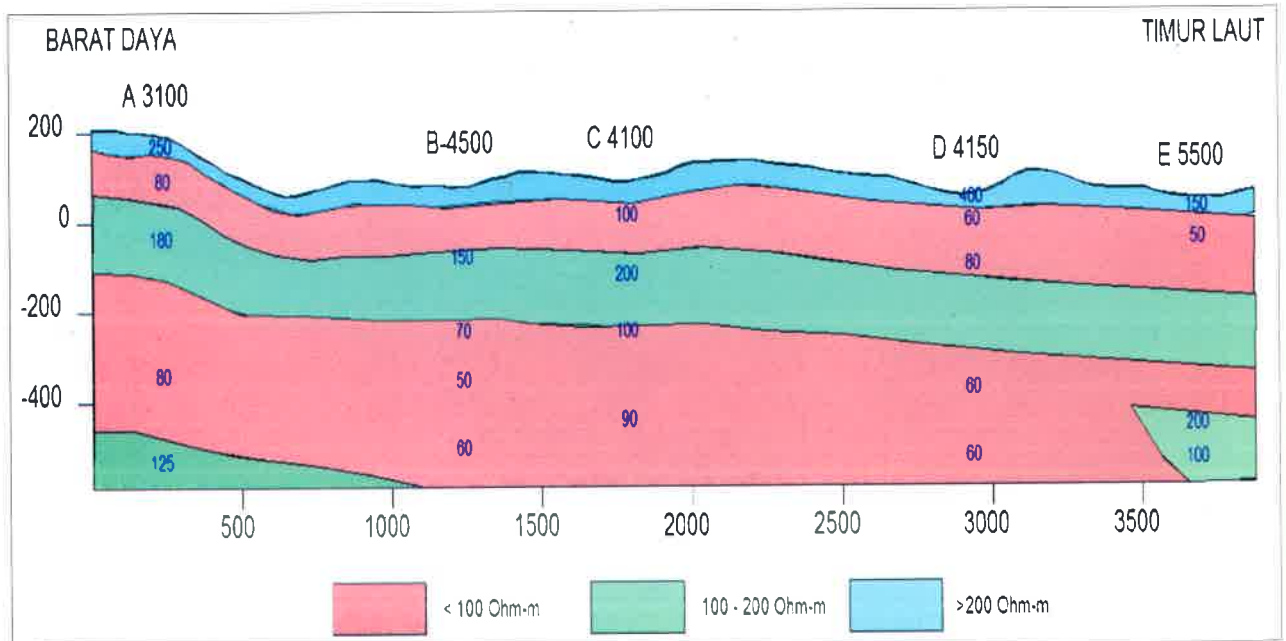
Gambar 2. Peta Geologi Daerah Waesalit dan sekitarnya - P. Buru (Nurhadi, dkk, 2007)



Gambar 3. Peta tahanan jenis semu AB/2:250; 500; 750; 1000 m (Zarkasi, dkk2007)

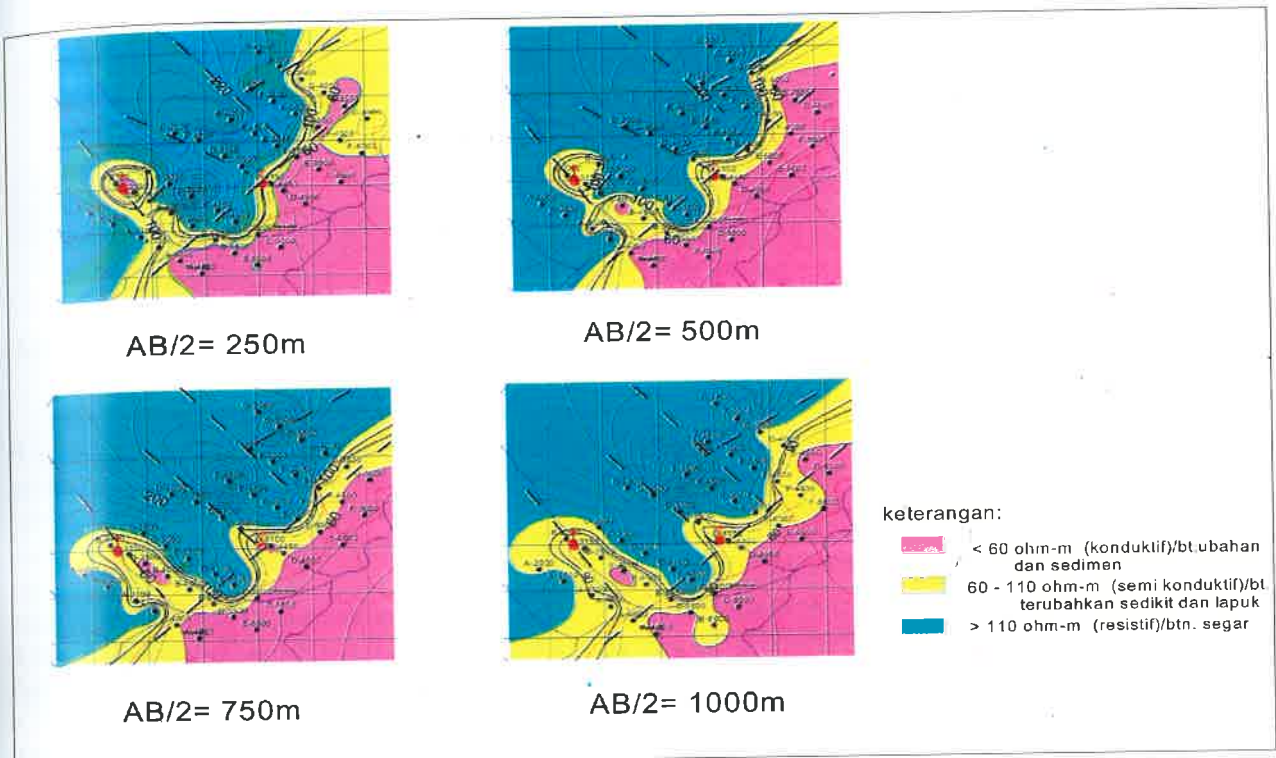


Gambar 4 : Penampang tahanan jenis semu (Zarkasi, dkk 2007)

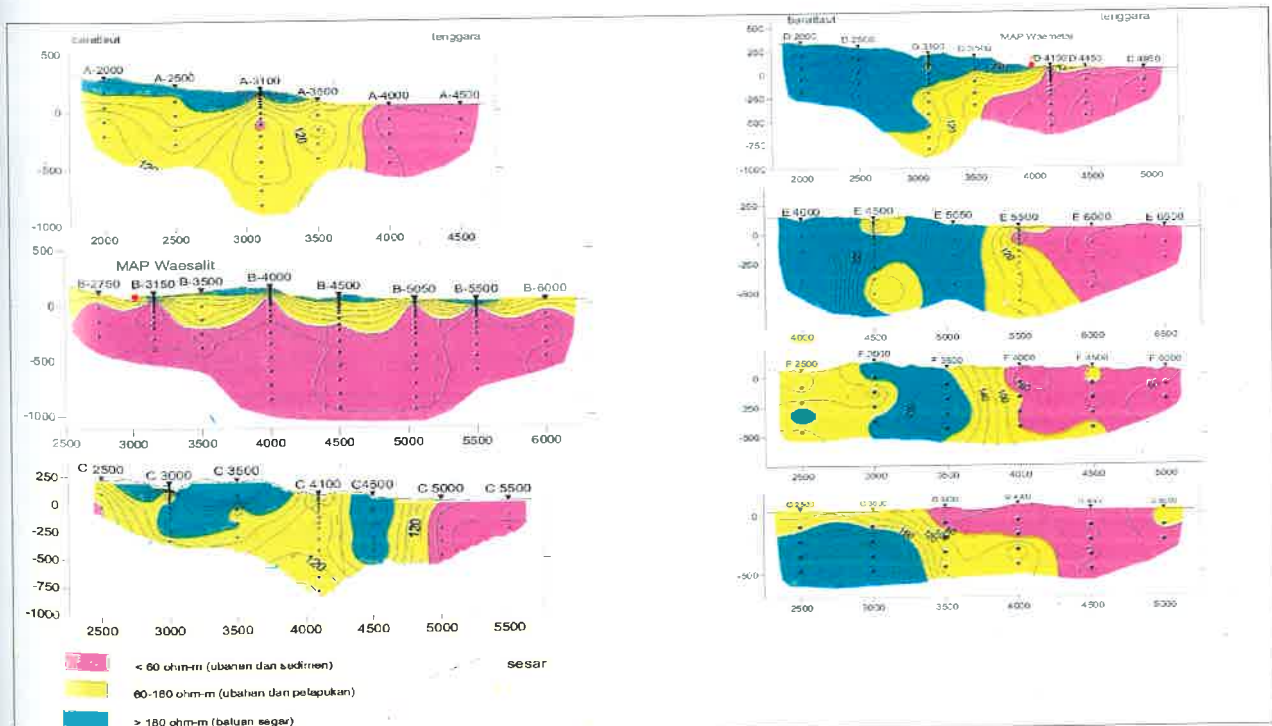


Gambar 4 : Penampang tahanan jenis sebenarnya (Zarkasi, dkk 2007)

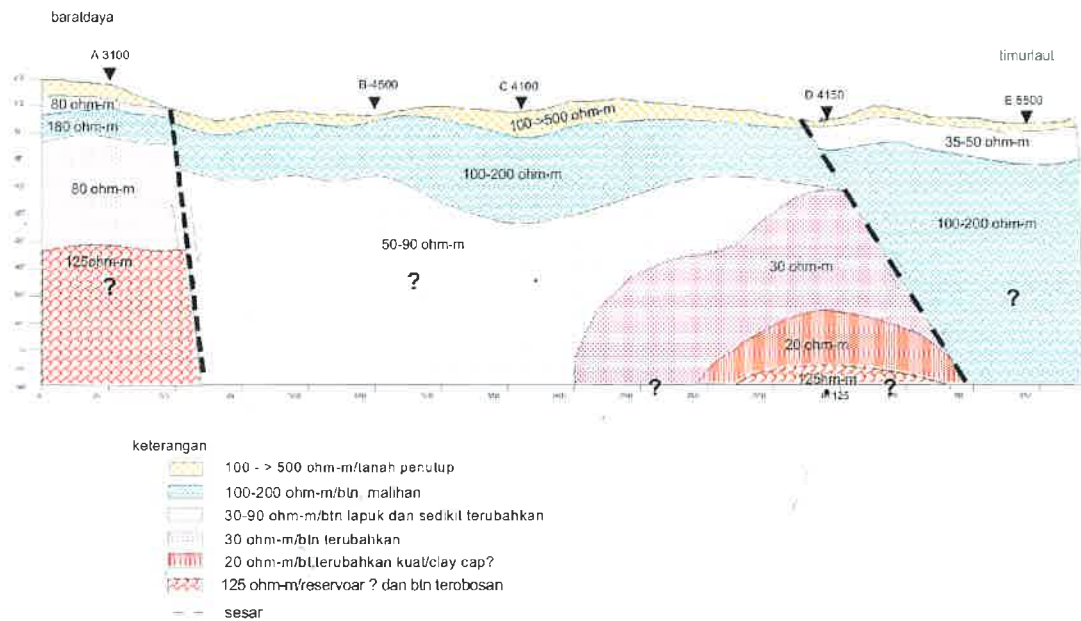




Gambar 6 : Peta re-interpretasi tahanan jenis semu (modifikasi dari Zarkasi 2007)



Gambar7 : Penampang re-interpretasi tahanan jenis semu (modifikasi dari Zarkasi dd. 2007)



Gambar 8 : Penampang re-interpretasi tahanan jenis sebenarnya

## KONDISI LINGKUNGAN PASCA PENGEBORAN SUMUR EKSPLORASI AT-1 DAN AT-2 DI LAPANGAN PANAS BUMI ATADAI, LEMBATA, NUSA TENGGARA TIMUR

Oleh :

Soetoyo

Kelompok Program Penelitian Panas Bumi  
Pusat Sumber Daya Geologi

### SARI

Kegiatan pengujian uap/monitoring sumur eksplorasi panas bumi AT-1 dan AT-2 di Lapangan Panas Bumi Atadoli Nusa Tenggara Timur bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang karakteristik sumur-sumur eksplorasi tersebut, sehingga dapat dipergunakan sebagai dasar dalam pengembangan selanjutnya. Hasil pengujian uap/monitoring menunjukkan tekanan kepala sumur AT-1 adalah 7.0 kg/cm<sup>2</sup> sedangkan sumur AT-2 adalah 0 kg/cm<sup>2</sup>. Temperatur kepala sumur relatif sama dengan temperatur udara luar. Sumur eksplorasi AT-2 tidak menunjukkan adanya aktifitas baik tekanan kepala sumur (TKS) maupun temperatur pada kepala sumur. Komposisi gas dari sumur eksplorasi AT-1 pada setiap kegiatan monitoring dilakukan didominasi oleh gas CO<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub>. Namun demikian dari dalam sumur tidak didapatkan fluida. Tidak terdapat penambahan/munculnya manifestasi baru pasca pemboran, baik pada pelataran sumur maupun pada daerah sekitar sumur eksplorasi.

### ABSTRACT

*The purpose of flow test/monitoring eksplorasi geothermal well AT-1 and AT-2, Atadei geothermal field, East Nusa Tenggara is to get characteristic information of those wells as a base to future field development. From steam flow test/well monitoring result, show that well head pressure of AT-1 is 7.0 KSc, but well head pressure of AT-2 is 0 KSc. Both of the well head temperatures as same as free air temperature. Exploration well of AT-2 did not show any activities, especially temperature or pressure of well head. In every flow test activities shown that the Gases composition, dominated by CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>. But in fact, from inside well there is no geothermal fluid. After exploration well activities, until now there is no new manivestation come out in the flat area or surrounded exploration wells.*

### PENDAHULUAN

Kegiatan pengujian uap/monitoring sumur eksplorasi panas bumi AT-1 dan AT-2 di Lapangan Panas Bumi Atadei Nusa Tenggara Timur telah mendapatkan informasi tentang karakteristik sumur-sumur eksplorasi tersebut, sehingga dapat dipergunakan sebagai dasar dalam pengembangan selanjutnya. Data yang disajikan dalam makalah ini, hasil kegiatan monitoring sumur/pengujian uap tahun 2006.

Untuk terlaksananya "good mining practice" perlu mendapatkan keselamatan kerja dan lingkungan di lapangan panas bumi, khususnya lapangan panas bumi Atadei, Kabupaten Lembata, Nusa Tenggara Timur. Lapangan Panas Bumi merupakan daerah yang sarad

terhadap gas, khususnya gas beracun, yang ditimbulkan oleh pengeboran sumur panas bumi..

Penyelidikan terdahulu, di lapangan panas bumi Atadoli, Kecamatan Atadoli, Kabupaten Lembata, Propinsi Nusa Tenggara Timur telah melakukan pemboran 2 Sumur Eksplorasi, AT-1 dan AT-2

Kegiatan ini merupakan salah satu upaya dalam rangka mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya alam untuk memenuhi kebutuhan energi dimasa yang akan datang, dengan mengacu dan mengutamakan pada keselamatan kerja dan lingkungan di lapangan panas bumi.

Tulisan ini hasil pengujian sumur/monitoring sumur AT-1 dan AT-2 periode ke 3 tahun 2006, menginformasikan tentang pengaruh gas yang muncul baik melalui sumur eksplorasi maupun di lingkungan lapangan panas bumi Atadoli serta karakteristik sumur-sumur eksplorasi tersebut.

Tujuannya adalah untuk terhindar dari kecelakaan kerja maupun perusakan lingkungan yang ditimbulkan akibat pengeboran sumur dalam pengembangan selanjutnya. Lapangan Panas Bumi Atadei terdapat di P. Lembata (Gambar 1).

Sumur eksplorasi AT-1, secara administratif termasuk wilayah Kampung Kneping, Desa Nubaheraka, sedangkan AT-2 terletak di Kampung Lewopuho, Desa Atakore. Kedua lokasi sumur eksplorasi ini termasuk kedalam wilayah Kecamatan Atadei, Kabupaten Lembata, Propinsi Nusa Tenggara Timur. Secara geografis lokasi sumur eksplorasi AT-1 terletak pada posisi 12331'55" BT, 0829'42" LS pada elevasi 606 m dpl. dan AT-2 pada 12332'17" BT, 0830'11" LS pada elevasi 552 m dpl. (Gambar 2)

## PENYELIDIK TERDAHULU

Penyelidikan terdahulu yang berhubungan dengan kepanasbumian yang pernah dilakukan di daerah Atadei adalah: Inventarisasi Kenampakan Gejala Panas Bumi Santoso dkk. (1987)

Penyelidikan Terpadu Panas Bumi oleh Aswin, dkk. (2000); Survei Landaian Suhu ATD-1, oleh Suparman dkk. (2002); Survei Landaian Suhu ATD-2, oleh Nanlohi dkk. (2002), Pemboran Sumur Eksplorasi AT-1 Munandar dkk. (2004); dan AT-2 oleh Suparman dkk. (2004). Berdasarkan penelitian terdahulu tersebut diperoleh informasi kepanasbumian di daerah Atadei, diantaranya dikemukakan bahwa: Di Lapangan Panas Bumi Atadei dijumpai hot ground / steaming ground di desa Watuwawer (Karun), dengan temperatur 96-98°C, tipe air sulfat asam. Mata air panas lainnya bertemperatur rendah (32-45 °C), pH netral dan tipe bikarbonat untuk mata air panas Wai Krata, Wai Kowan, Wai Tupat, dan Wai Teba. Satu mata air menunjukkan tipe sulfat, pH netral dari mata air panas Waikating (Lewogeroma).

Telah dilakukan pemboran dua sumur landaian suhu (ATD-1 dan ATD-2) masing-masing dengan kedalaman 250 meter. Sumur ATD1 menggambarkan disekitar kaldera Watuwawer cukup prospek untuk dikembangkan. Sumur ATD-2 berdekatan dengan sesar Mauraja yang merupakan batas terluar daerah panas bumi yang dapat dikembangkan.

Dua sumur eksplorasi lebih dalam yaitu AT-1 dan AT-2 dengan kedalaman masing-masing 830,5 m dan 750,5 m telah dilakukan di daerah Kneping dan Watuwawer. Hasil pengujian uap/monitoring periode kedua tahun 2006 sumur eksplorasi AT-1 dan AT-2 menunjukkan tekanan kepala sumur AT-1 adalah 7.0 kg/cm<sup>2</sup> sedangkan sumur AT-2 adalah 0 kg/cm<sup>2</sup>. Temperatur kepala sumur relatif sama dengan temperatur udara luar. Sedangkan sumur eksplorasi AT-2 tidak menunjukkan adanya aktifitas baik tekanan kepala sumur (TKS) maupun temperatur pada kepala sumur.

Berdasarkan kandungan gas terutama pada sumur eksplorasi AT-1 pada monitoring periode kedua ini didominasi oleh gas CO<sub>2</sub>, dimana gas tersebut merupakan gas yang lazim terdapat pada daerah vulkanik. Namun demikian dari sumur tidak didapatkan fluida.

Tidak terdapat penambahan/munculnya manifestasi baru pasca pemboran, baik pada pelataran sumur maupun pada daerah sekitar sumur eksplorasi.

## HASIL PENYELIDIKAN

Hasil pengujian uap sumur/monitoring periode ketiga tahun 2006, sumur AT-1 dan AT-2 Atadei adalah sebagai berikut.

### Sifat Fisik dan Kimia Sumur

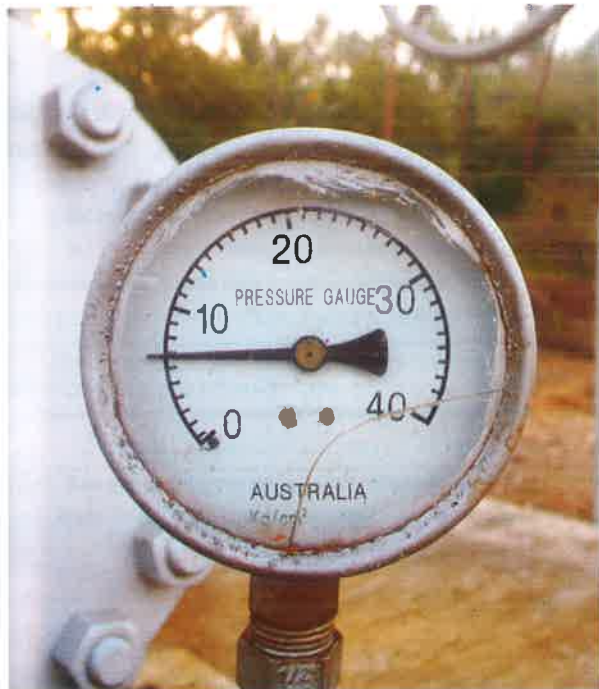
Monitoring sifat fisik dan sifat kimia dilakukan untuk mengetahui kondisi fluida sumur yang dapat dilihat dari temperatur, tekanan serta komposisi kimia fluida sumur. Data sifat fluida tersebut dapat dipergunakan lebih lanjut untuk analisis dalam pengembangan lapangan panas bumi tersebut.

### Sifat Fisik

Kegiatan monitoring yang dilakukan dalam rangka mengetahui sifat fisik sumur meliputi: pengamatan TKS (Tekanan Kepala Sumur), pengukuran temperatur fluida di kepala sumur dan pengamatan kondisi sumur. Dari hasil pengamatan didapatkan bahwa tekanan kepala sumur (TKS) sumur AT 1 adalah 7 barg, sedangkan pada sumur AT 2 adalah 0 barg. Pengukuran temperatur tidak dilakukan karena gas yang keluar dari

sumur menimbulkan bau yang sangat kuat, sehingga dikhawatirkan merupakan gas beracun. Hasil pengamatan, dapat diketahui bahwa temperatur pada kedua kepala sumur relatif sama dengan temperatur udara sekitar. Hal ini menunjukkan bahwa tekanan kepala sumur pada sumur AT 1 yang terbaca pada 7.0 kg/cm<sup>2</sup> tidak disebabkan oleh tekanan uap panas dari dasar sumur, melainkan oleh gas lain yang naik ke permukaan dari dasar lubang sumur dan kemudian terakumulasi (gambar 3).

Pada saat master valve kepala sumur dibuka, terlihat semburan gas keluar (gambar 4). Semburan gas tersebut hanya berlangsung kurang dari satu menit dan TKS yang semula menunjukkan angka 7 barg turun hingga menjadi 0 barg (gambar 5)



Gambar 3, TKS sumur Eksplorasi AR-1 Lapangan Panas Bumi Atadei, Kabupaten Lembata



Gambar 4. Instalasi Sumur Eksplorasi AT-1 Kaoangan Panas Bumi Atadei, Lembata, NTT



Gambar 5. TKS sumur Eksplorasi AT-1 Lapangan Panas Bumi Atadei, Kabupaten Lembata, NTT setelah Master Valve dibuka



Gambar 6. Instalasi pengambilan sampel gas sumur Eksplorasi AT-1 Lapangan Panas Bumi Atadei, Lembata, NTT



Gambar 7. Instalasi sumur Eksplorasi AT-2 Lapangan Panas Bumi Atadei, Kabupaten Lembata, NTT

## Sifat Kimia

Kegiatan-kegiatan lapangan dalam monitoring sifat kimia sumur AT-1 dan AT-2 tahun 2006 meliputi: Pengukuran temperatur manifestasi serta konsentrasi gas CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CO dan NH<sub>3</sub> di sekitar manifestasi Karun. Pengambilan contoh gas dalam uap (NCGS) dari sumur uji AT-1 dan AT-2 dengan mempergunakan tabung vakum yang telah diisi 50 ml larutan NaOH (25 %) serta divakumkan (gambar 6)

Dari pengukuran pada daerah manifestasi Karun didapatkan temperatur manifestasi berkisar antara 98,6 oC sampai 99,3 oC,. Sedangkan dari hasil pengukuran konsentrasi gas pada daerah manifestasi tersebut didapatkan konsentrasi gas CO<sub>2</sub> dalam udara 0.20 %, gas H<sub>2</sub>S 6 ppm, gas CO 12 ppm, dan gas NH<sub>3</sub> tidak terdeteksi.

Hasil analisis laboratorium terhadap sampel gas yang diambil dari sumur AT-1 menunjukkan bahwa konsentrasi gas CO<sub>2</sub> sangat tinggi hingga 72,16 % mol. Hasil lengkap dari analisis gas terlihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Hasil analisis kimia gas sumur AT-1 pada monitoring periode ke-3

Senyawa	Konsentrasi (% mol)
H <sub>2</sub>	1,80
O <sub>2</sub> + Ar	4,24
N <sub>2</sub>	20,43
CH <sub>4</sub>	0,014
CO <sub>2</sub>	72,16
SO <sub>2</sub>	0,00
H <sub>2</sub> S	0,00
HCl	1,34
NH <sub>3</sub>	0,02

## Manifestasi Panas Bumi

Manifestasi panas bumi di daerah Atadei terdiri dari fumarola, kubangan lumpur panas, tanah panas, mata air panas, serta batuan ubahan dan endapan

belerang. Terbentuknya manifestasi yang bervariasi ini terjadi sejak sebelum dilakukan pemboran panas bumi, seperti lokasi manifestasi panas bumi berupa tanah panas "Karun" yang terletak berdekatan dengan sumur AT-2. Lebih kurang 250 meter mengarah ke bagian barat, terdiri dari fumarola, kubangan Lumpur panas, tanah panas, batuan ubahan dan endapan belerang.

**Manifestasi Sebelum Pemboran**

Manifestasi panas bumi di Atadei yang sudah muncul sebelum dilakukan pemboran dan sampai sekarang masih dapat diamati yaitu manifestasi panas bumi Karun yang terletak di bagian barat daya desa Atakore (gambar 8). Jenis manifestasi panas bumi di daerah ini terdiri dari fumarola, kubangan lumpur panas, tanah panas dan batuan ubahan.

Temperatur manifestasi Karun terukur antara 98,6 oC sampai 99,3 oC, pada temperatur udara di sekitar lokasi 24,3 C (gambar 9). Di lokasi yang lain terdapat manifestasi berupa mata air panas Wai Krata yang airnya tidak berwarna dan tidak terlalu panas, sehingga digunakan sebagai tempat pemandian sederhana oleh penduduk setempat. Temperatur air panas tidak lebih dari 36 C pada temperatur udara lokasi setempat 23 C

**Manifestasi Pasca Pemboran**

Setelah dilakukan pemboran sumur eksplorasi AT-1 dan AT-2 tidak terjadi perubahan di sekitar sumur bor, dan tidak terdapat pemunculan manifestasi yang baru.

Pada manifestasi Karun yang terdapat di sekitar sumur AT-2, terlihat adanya sublimasi belerang. Bualan manifestasi diikuti suara gelembung (bubble) yang tercampur dengan lumpur panas yang relatif kuat.



Gambar 8 Manifestasi Tanah Panas "Karun" desa Atakone



Gambar 9 Pengukuran temperatur manifestasi tanah panas "Karun"



Gambar 10. Pengukuran Kandungan gas H2S dengan gas Detektor Kitagawa pada Manifestasi

**Lingkungan**

Kondisi lingkungan di sekitar lokasi sumur panas bumi AT-1 dan AT-2 sesudah pengeboran tidak mengalami perubahan yang berarti. Di sekitar lokasi sumur tidak dijumpai adanya manifestasi baru baik berupa mata air panas, tanah panas, lumpur panas dan sublimasi belerang. Pengamatan dan pengukuran temperatur terhadap kelompok manifestasi yang ada sebelum pemboran sumur AT-1 dan AT-2 dilakukan sampai sekarang dan pada monitoring periode ketiga ini tidak dijumpai banyak perubahan.

**PEMBAHASAN**

Hasil kegiatan monitoring sumur eksplorasi AT-1

dan AT-2 yang dilakukan tahun 2006 berupa data Fisik sumur, komposisi kimia uap sumur, dan kondisi manifestasi panas bumi di sekitar lokasi sumur.

Pada pengujian uap/monitoring sumur eksplorasi AT-1 dan AT-2, hasil pengukuran TKS (Tekanan Kepala Sumur) dan pengamatan kondisi sumur menunjukkan bahwa TKS pada sumur AT 1 adalah 7.0 Kg/Cm<sup>2</sup>, sedangkan pada sumur AT 2 adalah 0 barg. Pengukuran temperatur pada flow line kepala sumur tidak dapat dilakukan karena adanya bau busuk yang demikian kuat dari gas yang keluar dari sumur, namun demikian dari hasil pengamatan dapat diketahui bahwa temperatur pada kedua kepala sumur relatif sama dengan temperatur udara sekitar.

Tekanan kepala sumur pada sumur AT 1 sebesar 7,0 Kg/Cm<sup>2</sup> ini bukan disebabkan oleh tekanan uap panas dari dasar sumur, melainkan oleh gas lain yang naik kepermukaan dari dasar lubang sumur kemudian terakumulasi. Hal ini terlihat ketika master valve dibuka, dalam waktu kurang dari satu menit tekanan di kepala sumur telah menjadi 0 Kg/Cm<sup>2</sup>.

Akumulasi gas yang mencapai tekanan 7.0 KSC adalah sebagai akibat aktivitas vulkanisme yang terjadi dimasa lampau dan menyebabkan terjadinya kantong-kantong (cavity) yang berisi berbagai campuran gas antara lain CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S kemudian, melalui struktur join atau rekahan dibawah permukaan menerobos keluar melalui dasar lubang bor dan terakumulasi pada kepala sumur. Kondisi sumur AT 2 tidak menunjukkan adanya perbedaan yang diakibatkan oleh suatu aktivitas tertentu.

Hasil analisis gas di lapangan menunjukkan bahwa komposisi gas dari sumur AT-1 didominasi oleh gas CO<sub>2</sub> yaitu sebesar 72,16 % mol. Kondisi demikian terjadi apabila sumur ditutup sehingga terjadi konsentrasi gas tersebut di dalam kepala sumur, dan kepala sumur telah menunjukkan tekanan sebesar 7.0 KSC.

Gas lain yang juga dominan adalah N<sub>2</sub> yang konsentrasinya mencapai 20,43 % mol. Gas-gas tersebut kemungkinan berasal dari bagian bawah dasar lubang bor yang naik ke permukaan melalui rekahan atau join, kemudian terperangkap/terakumulasi pada lubang bor. Hal ini menunjukkan bahwa fluida yang keluar dari sumur eksplorasi AT-1 bukanlah uap air seperti yang

diharapkan, namun merupakan gas-gas yang terperangkap di lubang bor.

Konsentrasi gas pada daerah manifestasi sekitar sumur AT-1 dan AT-2 menunjukkan konsentrasi gas CO<sub>2</sub> dalam udara 0.1%, gas H<sub>2</sub>S tidak terdeteksi, gas CO 6 ppm, dan gas NH<sub>3</sub> tidak terdeteksi, konsentrasi ini masih di bawah ambang batas.

Hasil analisis gas di lapangan menunjukkan bahwa komposisi gas dari sumur AT-1 didominasi oleh gas CO<sub>2</sub>. Gas tersebut kemungkinan berasal dari bagian bawah dasar lubang bor yang naik ke permukaan melalui rekahan atau join, kemudian terperangkap/terakumulasi pada lubang bor. Hal ini menunjukkan bahwa uap sumur eksplorasi AT-1 adalah uap kering.

Kondisi lingkungan sekitar lokasi sumur panas bumi AT-1 dan AT-2 pasca pemboran tidak mengalami banyak perubahan. Di sekitar lokasi sumur tidak dijumpai adanya manifestasi baru baik berupa mata air panas, tanah panas, lumpur panas dan sublimasi belerang. Pengamatan dan pengukuran temperatur terhadap kelompok manifestasi yang ada sebelum pemboran sumur AT-1 dan AT-2 dilakukan sampai pada monitoring periode akhir 2006 tidak mengalami perubahan apa-apa.

## KESIMPULAN

Hasil pengujian uap/monitoring periode ketiga tahun 2006 sumur eksplorasi AT-1 yang dilaksanakan akhir 2006, menunjukkan minimum tekanan kepala sumur AT-1 adalah 7.0 kg/cm<sup>2</sup> sedangkan sumur AT-2 adalah 0 kg/cm<sup>2</sup>. Temperatur kepala sumur AT-1 dan AT-2 relatif sama dengan temperatur udara luar.

Berdasarkan kandungan gas terutama pada sumur eksplorasi AT-1 pada monitoring periode akhir 2006 didominasi oleh gas CO<sub>2</sub>, dimana gas tersebut merupakan gas yang lazim terdapat pada daerah vulkanik. Namun demikian dari sumur tidak didapatkan fluida yang berupa uap air.

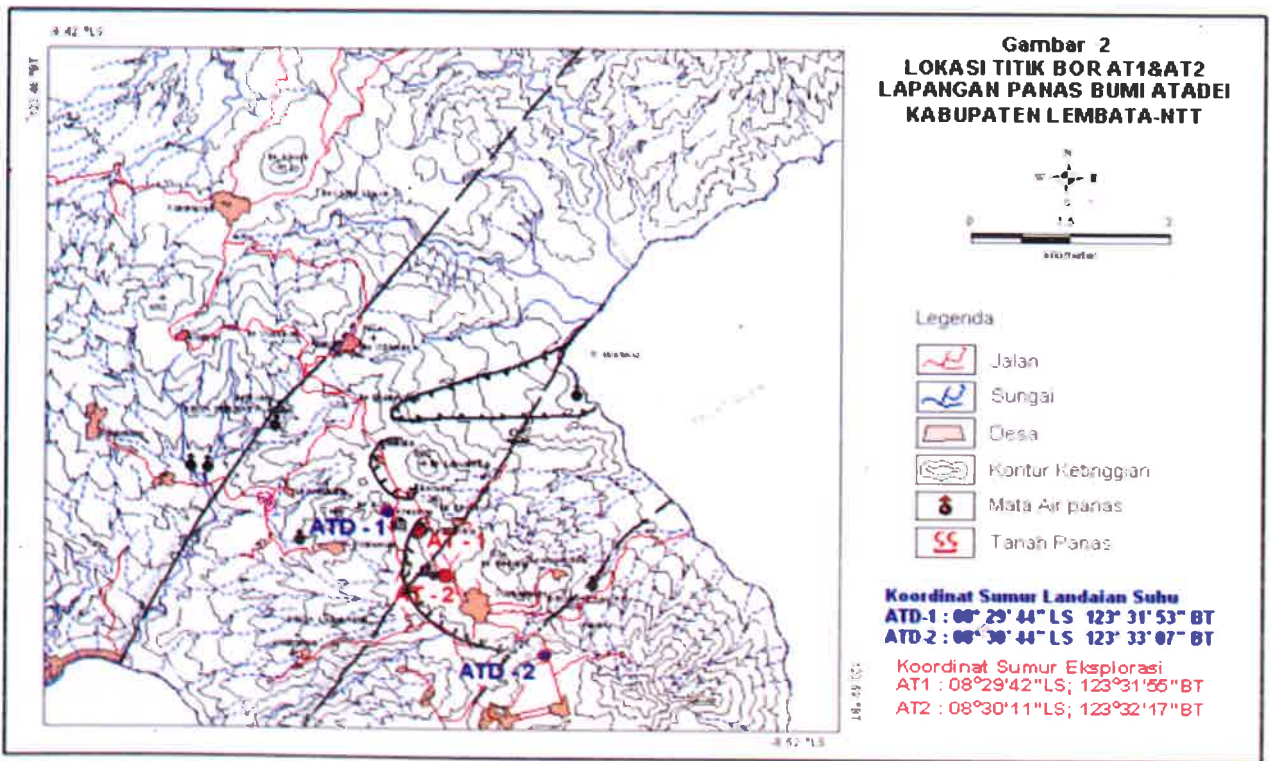
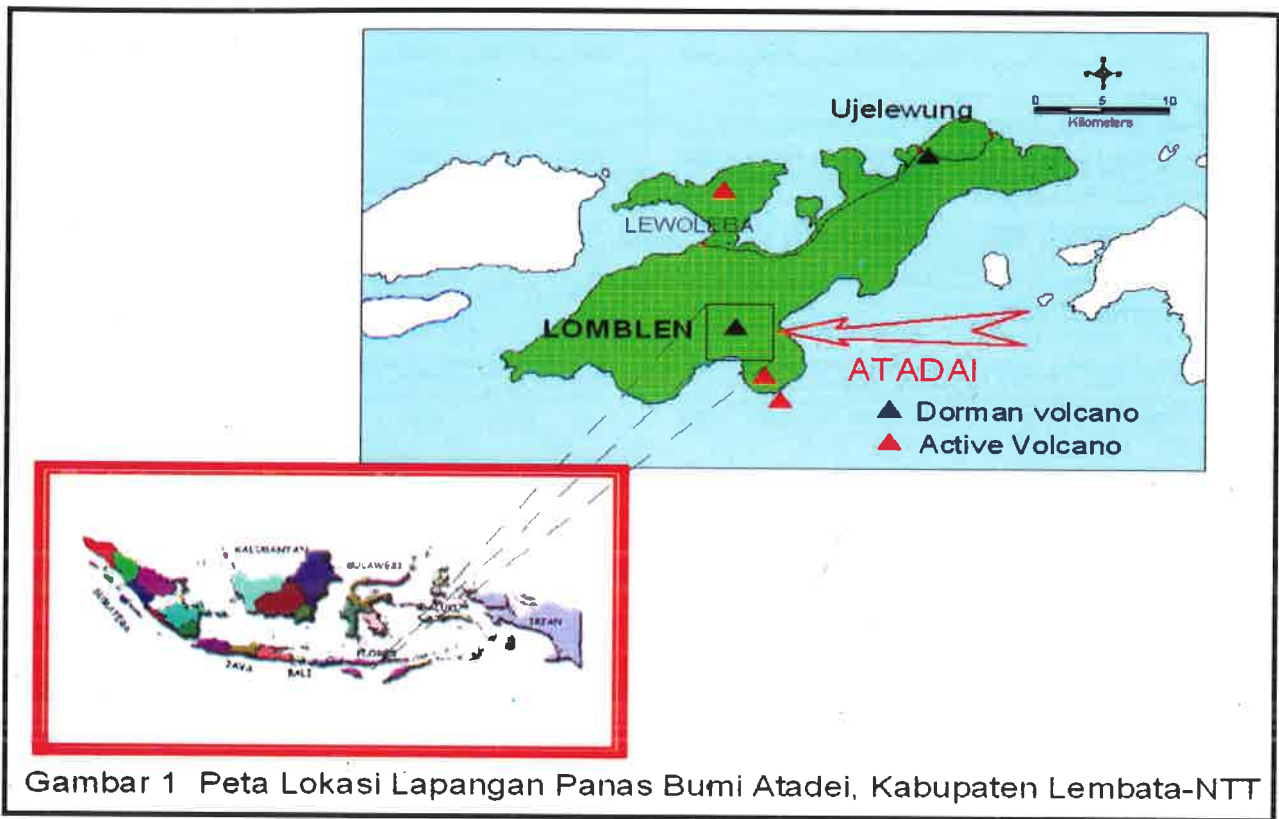
Tidak terdapat penambahan/munculnya manifestasi baru pasca pemboran, baik pada pelataran sumur maupun pada daerah sekitar sumur eksplorasi.

Tidak terdapat pengaruh baik gas maupun pengaruh lain terhadap lingkungan akibat pengeboran sumur eksplorasi AT-1 dan AT-2 di lapangan panas bumi Atadai, Lembata, Nusa Tenggara Timur.



## ACUAN

- Aswin, D., (2000), Penyelidikan Terpadu Daerah Panas Bumi Atadei, Kabupaten Lembata-Nusa Tenggara Timur.
- Giggenbach, W.F., dan Goguel(1988), Methods for the collection and Analysis of Geothermal and volcanic water and gas sampels, Report No. CD 2387 Chemistry Division Department of Scientific and Industrial Research, Petone, N.Z. Report No. CD 2387.
- Munandar, A., dkk., (2004), Laporan Pengeboran Sumur Eksplorasi-Semi Eksploitasi AT-1 & AT-2, Lapangan Panas Bumi Atadei, Kabupaten Lembata-Nusa Tenggara Timur.
- Nanlohy, F., (2002), Laporan Survei Landaian suhu Sumur ATD-2, Lapangan Panas Bumi Atadei, Kabupaten Lembata, Nusa Tenggara Timur.
- Santoso, M.S., dkk., (1987), Inventarisasi Kenampakan Gejala Panas Bumi di Sekitar Flores Timur, P. Lomblen, P. Adonara, P. Solor, NTT, Direktorat Vulkanologi, Bandung.
- Sitorus, K., (2002), Proposal Pengeboran Sumur Landaian Suhu ATD-1 dan ATD-2, Daerah Panas Bumi Atadei, Kabupaten Lembata-Nusa Tenggara Timur.
- Sundhoro.H., (1997), Pemetaan Geologi Panas Bumi Daerah Watukuba-Atalojo, Atadei-P.Lomblen, Kabupaten Flores Timur, Nusa Tenggara Timur.
- Suparman, (1997), Laporan Penyelidikan Geokimia Panas Bumi Daerah Atadei, P. Lomblen, Nusa Tenggara Timur.
- Suparman, dkk, (2002), Laporan Survei Landaian Suhu Sumur ATD-1, Lapangan Panas Bumi Atadei, Kabupaten Lembata-Nusa Tenggara Timur.
- Sulaeman.B, dkk, (Juni, 2005), Laporan Pengujian Uap/Monitoring Periode Ke 1 Sumur Eksplorasi AT-1 dan AT-2 (tidak dipublikasikan).
- Suparman, dkk., (2004), Laporan Pengeboran Sumur Eksplorasi-Semi Eksploitasi AT2, Lapangan Panas Bumi Atadoli, Kabupaten Lembata-Nusa Tenggara Timur.
- Syuhada, A, dkk, (2005) Laporan Pengujian Uap/Monitoring Sumur Eksplorasi AT-1 dan AT-2 (tidak dipublikasikan)



# KAMUS GEOLOGI

## **Mafic**

Istilah yang dipakai untuk batuan beku yang tersusun oleh satu atau lebih ferromagnesian, panampakannya berupa mineral-mineral berwarna gelap.

## **Magmatic Evolution**

(Evolusi Magmatis) Perubahan yang terus menerus dalam komposisi magma sebagai hasil dari diferensiasi, asimilasi, atau pencampuran magma.

## **Magmatic Segregation**

(Segregasi Magmatis) Konsentrasi kristal dalam suatu mineral pada bagian tertentu dari magma selama proses pembekuan dan kristalisasi. Beberapa deposit bijih yang bernilai ekonomis terbentuk melalui cara ini.

## **Magnesite**

Mineral dari kelompok karbonat  $MgCO_3$ , berwarna putih sampai keabuan, atau coklat. Magnesite pada umumnya ditemukan di dalam urat irregular dalam serpentin dan dibentuk oleh hasil alterasi dari batuan dolomit atau dari batuan yang kaya akan magnesium silikat. Biasa digunakan dalam pembuatan bahan tahan api.

## **Malachite**

Mineral monoklinik berwarna hijau terang  $Cu_2CO_3(OH)_2$ . Merupakan bijih tembaga dan merupakan mineral sekunder yang biasa berasosiasi dengan azurite pada zona atas (oksidasi) dari urat tembaga, bisa juga terdapat sebagai material semen pada batupasir. Biasa digunakan sebagai perhiasan.

## **Nannoplankton**

Nama yang diberikan untuk material fosil berukuran ultra-mikroskopis; secara umum ukurannya sangat kecil sehingga hanya dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop fase-kontras atau dengan mikroskop elektron.

Fosil nannoplankton berguna dalam pengkorelasi batuan baik dalam cakupan pendek atau cakupan panjang.

## **Natural Gas**

(Gas Alam) Penggunaan istilah ini terbatas pada gas yang terdapat bersama-sama dengan minyak bumi. Kotoran yang terdapat pada gas alam berupa nitrogen, karbondioksida, dan hidrogen sulfida. Karena nilai ekonomisnya gas alam telah menjadi komoditi penting akhir-akhir ini.

## **Neogene**

Interval waktu geologi yang merupakan gabungan dari

Miosen dan Pliosen pada periode Tersier. Tersier sebagai Era, sedangkan Neogen bersama Paleogen merupakan dua periode yang terdapat di dalamnya.

## **Nonclastic**

(a) Istilah untuk tekstur sedimen yang menunjukkan tidak adanya bukti bahwa sedimen tersebut berasal dari batuan yang telah ada sebelumnya atau diendapkan secara mekanis.  
(b) sedimen atau batuan sedimen yang terbentuk secara kimiawi atau secara organik.

## **Normal Fault**

(Sesar normal) Suatu jenis sesar dimana hanging wall relatif bergerak turun dibandingkan dengan foot wall. Sudut dari sesar ini biasanya berkisar  $45^\circ - 90^\circ$ .

## **Obsequent Stream**

Salah satu jenis pola pengaliran sungai yang menunjukkan arah aliran sungai berlawanan dengan sungai konsekuen, pola ini merupakan anak-anak sungai dari sungai subsekuen yang terbentuk searah strike dari perlapisan batuan yang lemah.

## **Obsidian**

Gelas vulkanik berwarna gelap atau hitam, pada umumnya berkompposisi rhyolite, bercirikan retakan konkoidal.

## **Oceanografi**

Ilmu yang mempelajari lautan, mencakup aspek fisika, kimia, biologi dan geologi. Dalam lingkup yang lebih sempit berarti ilmu yang mempelajari lingkungan laut. Sinonim : Oceanologi

## **Oceanic Crust**

(Kerak Samudera) Tipe kerak bumi yang terdapat di dasar samudera; ekuivalen dengan sima. Dicitrakan oleh tidak adanya lapisan sial. Tebal kerak samudera ini sekitar 5 - 10 km; dengan densitas  $3.0 \text{ g/cm}^3$ .

## **Ocher**

Oksida besi berwarna merah, kuning, atau coklat, seperti tanah, yang digunakan sebagai pigmen. Contohnya ocher kuning atau coklat (limonit), ocher merah (hematit). Beberapa jenis lempung diwarnai oleh oksida besi.

-Penny-

Sumber : - Glossary of Geology, American Geology Institute, 1980

- The Penguin Dictionary of Geology, 1982

## ALFRED WEGENER AHLI METEOROLOGI DAN GEOLOGI



*Alfred Wegener*

**Alfred Wegener, sekitar tahun 1925**

Alfred Lothar Wegener lahir di Berlin pada tanggal 1 November 1880 adalah seorang ilmuwan dan meteorolog dari Jerman. Ia dikenal dengan teorinya mengenai Continental Drift (Kontinentalverschiebung), yang dikemukakan pada tahun 1912 yang menyatakan bahwa kontinen secara perlahan bergerak di permukaan bumi. Sayangnya, pada saat itu ia tidak dapat mendemonstrasikan mekanisme pergerakan tersebut; karena kekurangan bukti yang kuat maka hipotesis ini belum dapat diterima sampai tahun 1950an, ketika berbagai penemuan baru membuktikan kebenaran teori continental drift.

### KARIR

Wegener menuntut ilmu di University of Berlin dan mendapat gelar Ph.D dalam bidang astronomi pada tahun 1904. Ia menjadi sangat tertarik pada bidang ilmu lain yaitu meteorologi setelah menikahi puteri seorang ahli meteorologi dan klimatologi Wladimir Koppen. Wegener mempelopori penggunaan balon udara untuk mempelajari pergerakan udara. Ceramah ilmiahnya yang berjudul *The Thermodynamics of the Atmosphere* menjadi acuan standar dalam meteorologi. Wegener mengadakan beberapa ekspedisi ke Greenland untuk mempelajari sirkulasi udara di kutub (polar air circulation). Dalam ekspedisi terakhirnya Alfred Wegener dan temannya Rasmus Villumsen dilaporkan hilang pada November 1930. Jasad Wegener ditemukan pada tanggal 12 Mei, 1931. Penyebab kematiannya diduga karena gagal jantung.

### CONTINENTAL DRIFT

Menelusuri University of Marburg, tempat dimana Wegener mengajar di tahun 1911, diketahui bahwa ia pernah dikagetkan oleh keberadaan fosil dalam strata geologi yang sekarang dipisahkan oleh lautan. Penjelasan atau teori yang dapat diterima saat itu untuk menjelaskan anomali fosil tersebut adalah land bridges (jembatan darat), tetapi Wegener meyakinkan bahwa kontinen itu sendiri telah mengalami pergeseran sehingga terpisah dari kontinen induknya (supercontinent), yang terjadi sekitar 180 juta tahun yang lalu, hal ini terlihat dari bukti fosil yang terdapat didalamnya. Wegener menggunakan fitur-fitur alam, fosil, dan iklim sebagai bukti untuk mendukung hipotesisnya tentang continental drift. Contoh dari fitur alam yang digunakan adalah posisi antar gunung di Afrika dan Amerika Selatan yang sejajar; juga keberadaan batubara di Eropa cocok dengan keberadaan batubara di Amerika Utara. Wegener juga mencatat bahwa fosil reptil seperti Mesosaurus dan Lystrosaurus ditemukan di tempat yang sekarang terpisah oleh lautan. Seiring

dengan kemungkinan bahwa reptil tersebut telah berenang dengan jarak yang sangat jauh, Wegener yakin bahwa reptil-reptil tersebut pernah hidup pada satu daratan yang kemudian terpisah atau terbagi-bagi.

Tahun 1912 Wegener menerbitkan teori "Continental Drift", yang menyebutkan bahwa semua kontinen pada awalnya merupakan satu kesatuan dan kemudian karena pergerakannya kontinen tersebut terbagi menjadi beberapa bagian. Pada tahun 1915, dalam *The Origin of Continents and Oceans* (*Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*), Wegener mempublikasikan teori bahwa dahulu pernah ada satu superkontinen raksasa, yang di kemudian hari dinamakannya "Pangaea" yang berarti "Semua Daratan" atau "Semua Tanah", dan mengumpulkan bukti-bukti dari berbagai bidang. Dalam edisi terakhirnya, sebelum kematiannya, ia mengemukakan hasil observasinya bahwa lautan yang lebih dangkal secara geologi berusia lebih muda.

## TEORI GAYA SENTRIFUGAL

Alfred Wegener mengemukakan teori untuk menjelaskan continental drift, walaupun tidak sepenuhnya benar. Teorinya mengemukakan bahwa gaya sentrifugal telah menggerakkan kontinen terhadap ekuator ketika bumi berputar. Dia menganggap pergerakan sentrifugal tersebut ditambah pasang surut pada kontinen (yang disebabkan oleh gaya tarik menarik antara matahari dan bulan) akan berpengaruh pada pergerakan kontinen.

## REAKSI

Dalam pekerjaannya, Wegener menyajikan bukti-bukti untuk mendukung teori continental drift-nya, tetapi ia tidak dapat menyajikan mekanisme yang tepat untuk meyakinkan hal tersebut. Ide-idenya menarik beberapa pendukung seperti Alexander Du Troit dari Afrika Selatan dan Arthur Holmes dari Inggris. Walaupun demikian, pada masa itu hipotesisnya tetap diragukan.

Pada tahun 1924 pekerjaan Wegener dipublikasikan dalam edisi Amerika, publikasi ini sangat kurang diterima sehingga American Association of Petroleum Geologists mengadakan simposium khusus untuk menentang hipotesis continental drift. Pada tahun 1930 teori Wegener hampir dilupakan oleh komunitas ilmuwan dan tetap kabur untuk hampir tiga puluh tahun.

Pada tahun 1950 dan 1960 beberapa perkembangan baru muncul dalam ilmu kebumiharian, salah satunya adalah penemuan penyebaran dasar samudera (*seafloor spreading*) dan zona Wadati-Benioff (*Wadati-Benioff zones*), menuntun pada kebangkitan hipotesis continental drift dan teori tektonik lempeng (*plate tectonics*). Alfred Wegener kemudian dikenal sebagai Bapak Penemu dari salah satu revolusi keilmuan mayor abad 20.

## PENGHARGAAN DAN PENGHORMATAN

Institut Alfred Wegener untuk penelitian kutub dan kelautan (*Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research*) di Bremerhaven, Jerman didirikan pada tahun 1980 pada seratus tahun kematiannya. Penamaan beberapa hal untuk menghormati Wegener seperti *The Wegener impact craters* di Mars dan bulan, asteroid 29227 Wegener dan semenanjung tempat ia meninggal di Greenland dinamakan Semenanjung Wegener.

## PUBLIKASI

Publikasi dari Wegener yang terkenal adalah sebagai berikut :

- Wegener, Alfred (1966). *The Origin of Continents and Oceans*. New York : Dover (Diterjemahkan dari edisi bahasa Jerman revisi keempat oleh John Biram)
- Wegener, Alfred (1966). *The Origin of Continents and Oceans*. London : Methuen (Diterjemahkan dari edisi bahasa Jerman revisi keempat oleh John Biram dengan sebuah pembukaan oleh B.C. King)
- Wegener, Elsie (Editor, dengan bantuan Dr. Fritz Loewe, 1939). *Greenland Journey, The Story of Wegener's German Expedition to Greenland in 1930-31 as told by Members of the Expedition and the Leader's Diary*. London : Blackie & Son Ltd. (Diterjemahkan dari edisi ketujuh bahasa Jerman oleh Winifred M. Deans)
- Wegener, Alfred (1911). *Thermodynamik der Atmosphäre*. Leipzig : Verlag Von Johann Ambrosius Barth.

Penny, diterjemahkan dari Wikipedia

## SEKILAS TENTANG TOKOH PERTAMBANGAN/GEOLOGI INDONESIA

### Arie Frederik Lasut



Arie Frederik Lasut (Kapataran, 6 Juli 1918 - Pakem 7 Mei 1949) adalah seorang Pahlawan Nasional Indonesia dan sebagai ahli pertambangan. Lasut dilahirkan di desa Kapataran, yang sekarang berada di kabupaten Minahasa propinsi Sulawesi Utara. Dia adalah putera tertua dari delapan anak pasangan Darius Lasut dan Ingkan Supit. Adiknya yang bernama Willy Lasut sempat menjabat sebagai Gubernur Sulawesi Utara.

#### Pendidikan

Lasut mulai sekolah di Hollands Inlandsche School (HIS) di Tondano Ia kemudian mendapat kesempatan untuk sekolah guru di Hollands Inlandsche Kweekschool (HIK) di Ambon karena keberhasilannya menjadi juara dalam kelasnya pada 1933 Lasut lulus dari HIK Ambon dan termasuk salah satu siswa yang terpilih untuk melanjutkan sekolah ke HIK Bandung. Namun hanya setahun di Bandung, Lasut memutuskan untuk tidak menjadi guru dan pindah ke Jakarta untuk mengikuti pelajaran di Algeme(e)ne Middelbare School (AMS). Pada 1937 Lasut lulus dari AMS dan memulai sekolah kedokteran di Geneeskundige Hooge School yang sekarang adalah Fakultas Kedokteran di Universitas Indonesia. Lasut terpaksa harus berhenti dari sekolah ini karena kesulitan biaya. Pada 1938 Lasut mulai bekerja di Departement van Economische Zaken (Departemen Urusan Ekonomi).

Setahun kemudian Lasut masuk Technische Hoogeschool Bandung (Sekolah Teknik Bandung) yang sekarang adalah Institut Teknologi Bandung (ITB). Tetapi studinya harus dihentikan lagi karena kesulitan biaya. Ia kemudian mendaftar dan berhasil mendapat beasiswa dari Dienst van den Mijnbouw (Jawatan Pertambangan) untuk menjadi asisten geologi. Saat itu adalah saat bermulanya Perang Dunia II dan serangan-serangan pasukan Jepang yang akhirnya menuju ke Indonesia pada tahun 1942. Sewaktu di sekolah teknik di Bandung Lasut pernah mendapat latihan untuk menjadi Corps Reserve Officer untuk membantu Belanda melawan Jepang. Lasut turut serta dalam perang melawan Jepang di Ciater Jawa Barat. Semasa pendudukan Jepang di Indonesia Lasut bekerja di Chorisitsu Chosayo (Jawatan Geologi) di Bandung. Ia bersama dengan R. Sunu Sumosusastro termasuk beberapa orang Indonesia yang diberi posisi dalam jawatan tersebut oleh Jepang.

#### Perjuangan kemerdekaan

Pada September 1945, Presiden menginstruksikan untuk mengambilalih instansi-instansi pemerintahan dari Jepang. Lasut ikutserta dalam pengambilalihan Jawatan Geologi dari Jepang yang berhasil dilakukan secara damai. Jawatan itu kemudian dinamakan Jawatan Pertambangan dan Geologi. Kantor Jawatan terpaksa harus dipindah beberapa kali untuk

menghindari agresi Belanda setelah proklamasi kemerdekaan Indonesia. Kantor Jawatan sempat pindah ke Tasikmalaya, Magelang dan Yogyakarta dari tempat semulanya di Bandung. Sekolah pelatihan geologi juga dibuka selama kepemimpinan Lasut sebagai Kepala Jawatan saat itu.

Selain usahanya di Jawatan, Lasut turut aktif dalam organisasi Kebaktian Rakyat Indonesia Sulawesi (KRIS) yang bertujuan untuk membela kemerdekaan Indonesia. Dia juga adalah anggota Komite Nasional Indonesia Pusat (KNIP), awal mula dewan perwakilan di Indonesia

Lasut terus diincar oleh Belanda karena pengetahuannya tentang pertambangan dan geologi di Indonesia, tetapi ia tidak pernah mau bekerjasama dengan mereka. Pada pagi hari tanggal 7 Mei 1949, Lasut diambil oleh Belanda dari rumahnya dan dibawa ke Pakem, sekitar 7 kilometer di utara Yogyakarta. Di sana ia ditembak mati. Beberapa bulan kemudian jenazahnya dipindahkan ke pekuburan Kristen Kintelan di Yogyakarta di samping isterinya yang telah lebih dulu meninggal pada bulan Desember 1947. Upacara penguburan dihadiri oleh Mr. Assaat, pejabat presiden pada saat itu.

**Arie Frederik Lasut** mendapat penghargaan Pahlawan Pembela Kemerdekaan oleh pemerintah Indonesia pada tanggal 20 Mei 1969.

### **Kehidupan keluarga**

Lasut menikah dengan Nieke Maramis pada tanggal 31 Desember 1941. Mereka dikaruniai satu anak perempuan, Winny Lasut.

### **Sumber**

Safwan, M. (1976). Arie Fredrik Lasut: Pahlawan Nasional. Jakarta: Proyek Biografi Pahlawan Nasional, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

Sejarah DPR RI. Accessed 4 Agustus 2007.

Tumembouw, Charles. "Mengenang Arie Frederick Lasut" Sinar Harapan, 6 Agustus 2002. Accessed 4 Agustus 2007

Dari Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas

(Ella Dewi Laraswati : Bidang Informasi



Gambar 1 : Kayu terkersikan, tersingkap di daerah Tanggeung, Sukanagara, Cianjur, setelah melalui proses pemolesan, menjadi batu hias yang bernilai tinggi



Gambar 2 : Tampak kubangan air dari lokasi penambangan batubara terbuka yang ditinggalkan di Leban, Kab. Muaro Bungo, Provinsi Jambi





Gambar 3 : Dinding batugamping yang memanjang arag barat timur, mangan terdapat pada sisipan batugamping ini



Gambar 4 : Perubahan sebagian dinding batugamping setelah dikupas pada gambar 3, tampak pada gambar ini pengarungan mangan di Desa Pugar, Kab. Jember



Gambar 5 : Penambangan batubara terbuka, tampak bekas-bekas tambang yang ditinggalkan akan berakibat ekosistem rusak apabila tidak dilakukan penanaman kembali



Gambar 6 : Pengupasan dinding batugamping di lokasi kelok sembilan, Sumatera Barat, dalam rangka pembuatan jalan alternatif



Gambar 7 : Penambangan pasir di Serpong yang dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan



Gambar 8 : Pemandian air panas di Cisolok, tampak semburan air panas dari perut bumi



Gambar 9 : Kegiatan pameran dalam rangka kolokium tahunan Pusat Sumber Daya Geologi, tampak stand dari KPP Konservasi



Gambar 10 : Kegiatan Pameran dalam rangka kolokium tahunan Pusat Sumber Daya Geologi, tampak petugas stand dari Bidang Informasi



Gambar 11 : Kegiatan pameran yang diselenggarakan Badan Geologi, tampak Stand Pusat Sumber Daya Geologi sedang dikunjungi peserta seminar



Gambar 12 : Menteri ESDM Purnomo Yusgiantoro tampak sedang mengamati foto kegiatan panas bumi yang dipamerkan di Aula DESDM, Jakarta



Gambar 13 : DR. Ir. Hadiyanto, M.Sc., Kepala Pusat Sumber Daya Geologi, tampak sedang memberikan sambutan pada acara Sosialisasi tugas pokok dan fungsi Pusat Sumber Daya Feologi di beberapa Sekolah (SMA, SMP dan SD) di Kab. Bantul, D.I. Yogyakarta



Gambar 14 : Tampak para siswa/siswi sedang mendengarkan sambutan Kepala Pusat Sumber Daya Geologi pada acara sosialisasi tugas pokok dan fungsi Pusat Sumber Daya Geologi di Kab. Bantul, D.I. Yogyakarta



Gambar 15 : Para siswa/siswi sedang mengamati peraga pameran tentang Mineral untuk kehidupan



Gambar 16 : Para Guru pun sedang mengamati peraga pameran tentang Mineral untuk kehidupan



Gambar 17 : Pendulangan emas oleh masyarakat setempat di Papua



Gambar 18 : Kegiatan yang sama yaitu pendulangan emas oleh masyarakat setempat di Kalimantan Tengah



# PEDOMAN PENULISAN MAKALAH/KARYA TULIS ILMIAH BULETIN SUMBER DAYA GEOLOGI

## 1. ISI DAN KRITERIA UMUM

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

Penulisan Judul dan Naskah, sebagai berikut :

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

## 2. FORMAT

### Umum

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

### Judul (Title)

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

### Sari/Abstract

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

### Pendahuluan (Introduction)

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

### Hasil dan Analisis (Results and Analysis).

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

### Pembahasan atau Diskusi (Discussion)

Berisi tentang interpretasi terhadap hasil penyelidikan/penelitian dan pembahasan yang terkait dengan hasil-hasil yang pernah dilaporkan.

### Kesimpulan dan Saran (Conclusions and Recommendation)

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

### **Uraian Terima Kasih (Acknowledgements)**

Uraian ini dapat digunakan untuk menyebutkan sumber dana penyediaan/penelitian dan untuk pernyataan penghargaan kepada institusi atau orang yang membantu dalam pelaksanaan penyelidikan/penelitian dan penulisan makalah/karya tulis.

### **Referensi (References)**

Referensi ini dapat ditulis dengan menggunakan sistem nama tahun (Harvard), nama penulis/pengarang yang tercantum didahului dengan nama akhir (surname), disusun menurut abjad dan judul makalah/karya tulis ditulis dengan huruf miring (italic font).

### **Beberapa contoh penulisan sumber acuan :**

#### **Jurnal**

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

#### **Buku**

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

#### **Bab dalam Buku**

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

#### **Prosiding**

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

#### **Tesis/Kripsi/Tesis/Disertasi**

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

#### **Informasi dari Internet**

Antrell, C., 2006. Sri Lanka's tsunami drive blossom : Local man's effort keeps on giving. [http://www.boston.com/news/local/articles/2006/01/26/sri\\_lankas\\_tsunami\\_Drive\\_blossoms/](http://www.boston.com/news/local/articles/2006/01/26/sri_lankas_tsunami_Drive_blossoms/)[26 Jan 2006].

### **WEWENANG REDAKSI**

Redaksi berwenang penuh melakukan penyuntingan atas naskah yang akan dipublikasikan tanpa merubah dan mengurangi isi naskah.

Redaksi mempunyai hak dan wewenang penuh untuk menolak naskah dengan isi dan format yang tidak sesuai dengan pedoman penulisan Buletin Sumber Daya Geologi dan tidak berkewajiban untuk mengembalikan naskah tersebut.

### **PENGIRIMAN NASKAH**

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

#### **Ira. Ella Dewi Laraswati**

Sekretariat Buletin Sumber Daya Geologi  
Sub Bidang Penyediaan Informasi Publik, Pusat Sumber Daya Geologi  
Jalan Soekarno Hatta No. 444, Bandung

Morfologi Karst di Kecamatan Tamulang dan Kecamatan Batusopang  
Kabupaten Pasir, Kalimantan Timur

