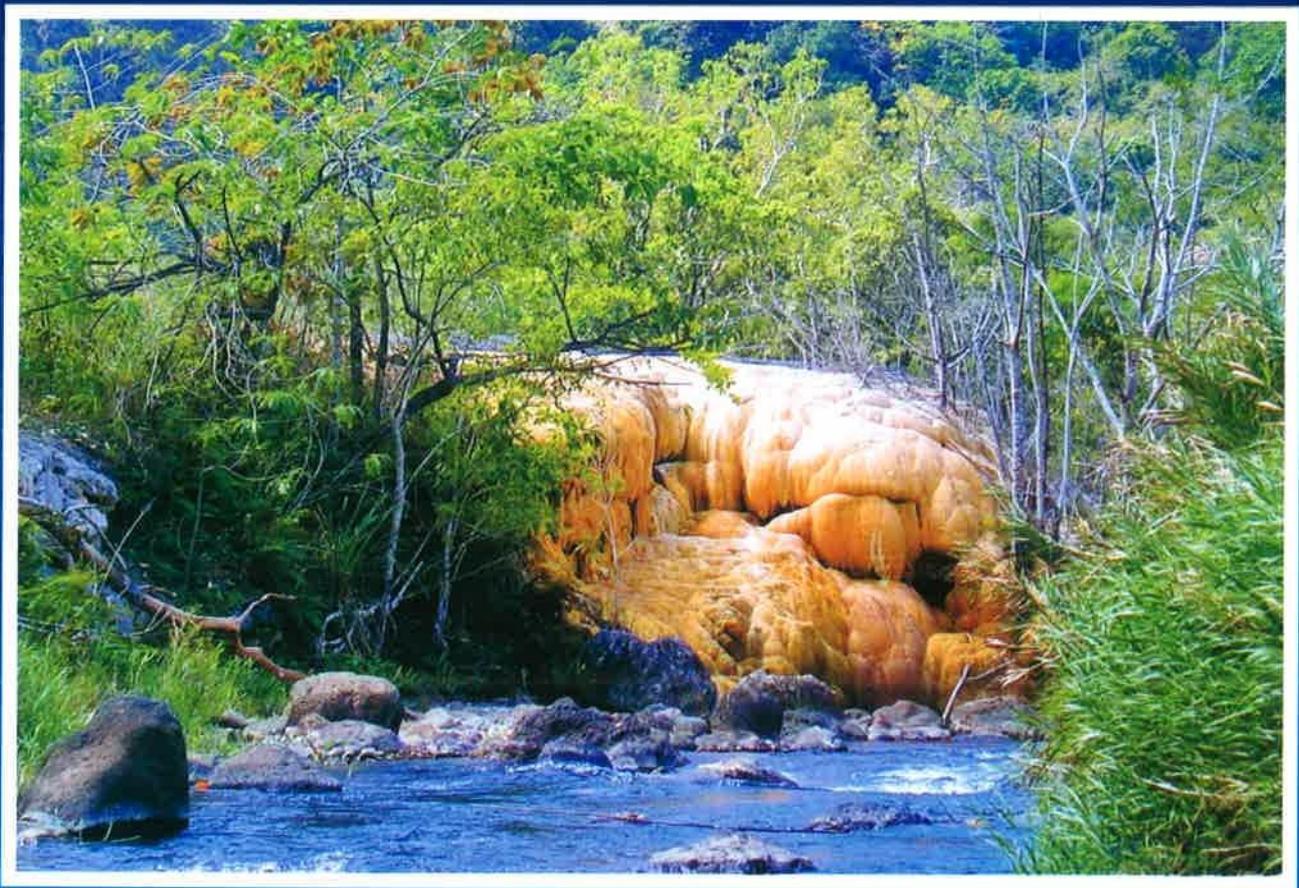


# **buletin**

## **SUMBER DAYA GEOLOGI**

Volume 7 No. 3, November 2012



Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral  
**Badan Geologi**  
Pusat Sumber Daya Geologi

Buletin Sumber Daya Geologi	Vol. 7	No. 3	Halaman 109 - 157	Bandung November 2012	Terakreditasi sebagai Majalah Berkala ilmiah kutipan keputusan kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia No. 395/D/2012 Tanggal 24 April 2012
--------------------------------	--------	-------	----------------------	--------------------------	--

### PENGANTAR REDAKSI

Memasuki penghujung tahun 2012, Buletin Sumber Daya Geologi kembali mengajak pembaca menikmati sajian makalah tentang kajian, tinjauan maupun berbagai hasil penelitian mengenai sumber daya geologi. Dengan rasa syukur tak terhingga dan melalui kerja keras semua pihak, edisi Buletin Sumber Daya Geologi Volume 7 nomor 3 tahun 2012 dapat hadir tepat waktu melengkapi dua nomor sebelumnya.

Pada kesempatan ini redaksi dengan bangga menghadirkan 5 makalah yang diharapkan akan memberikan wawasan pembaca dengan topik yang lebih beragam. Dalam nomor ini dihadirkan tulisan mengenai pengelolaan batubara kalori rendah, seperti kita ketahui bahwa Indonesia mempunyai sumber daya ini yang cukup berlimpah. Selain itu, juga hadir tulisan mengenai semburan gas pada sumur pengeboran batubara di Muara Lawai, Lahat dan juga desain lereng tambang terbuka batubara di Kalimantan Timur. Tulisan mengenai deliniasi model konseptual dan system panas bumi di daerah Ungaran melengkapi informasi mengenai prospek potensi energy terbarukan di daerah ini. Salah satu tulisan mengenai paparan merkuri di daerah pertambangan emas rakyat di Kabupaten Lebak dapat menjelaskan pentingnya informasi geologi dalam kaitannya dengan kesehatan manusia dan lingkungan yang biasa disebut sebagai ilmu geologi medis.

Mengakhiri tahun 2012 ini, dewan Redaksi sangat mengapresiasi kerjasama tim Buletin Sumber Daya Geologi yaitu para Editor dan Mitra Bestari yang selama satu tahun ini bahu-membahu mengawal eksistensi buletin tercinta ini.

Penghargaan kami juga untuk para kontributor makalah yang tetap semangat produktif menghasilkan tulisan yang bermutu. Semoga kita tetap menjaga semangat bersama-sama mencanangkan tekad untuk memberikan yang terbaik bagi pembaca setia buletin ini terutama masyarakat yang berkecimpung dalam pengelolaan sumber daya geologi Indonesia. Selamat menikmati Buletin Sumber Daya Geologi.

Salam hangat,  
Dewan Redaksi

#### **Penasihat**

Kepala Pusat Sumber Daya Geologi  
Ir. Calvin Karo Karo Gurusinga, M.Sc

#### **Penanggungjawab**

Kepala Bidang Informasi  
Ir. Prima Muharam Hilman, M.Sc

#### **Redaktur**

Ir. Rina Wahyuningsih  
Ir. Denni Widhiyatna  
Dra. Ella Dewi Laraswati  
Ir. Herry Rodiana Eddy, MT  
Ir. Teuku Ishlah

#### **Editor**

Dr. Ir. Bambang Tjahyono, M.Sc  
Ir. Bambang Pardiarto  
Ir. Kusdarto  
Ir. Deddy Amarullah  
Ir. Raharjo Hutamadi  
Ir. Kasbani, M.Sc  
Dr. Sjafra Dwipa  
Dr. Ir. Rukmana N. Adhi, M.Sc  
Dr. Ir. Dicky Muslim, M.Sc

#### **Desain Grafis dan Fotografer**

Candra  
Dani Swastika, ST

#### **Sekretariat**

Wiwi Resmiasih, SH  
Sulastri, BA  
Sukarsah, S.Sos  
Retno Rahmawati L, S.Si  
Lili  
Sarkoni

#### **Mitra Bestari Edisi ini**

Dr. Ir. Bambang Tjahjono S., M.Sc  
Dr. Ir. Rukmana N. Adhi

## DAFTAR ISI

### MAKALAH ILMIAH

- 109 - 117     **SISTEM PANAS BUMI DAN KONSEPTUAL MODEL DAERAH PANAS BUMI GUNUNG UNGARAN, JAWA TENGAH**  
Oleh : Yuanno Rezky, Ahmad Zarkasyi, Dikdik Risdianto
- 118 - 123     **ALOKASI PEMANFAATAN SUMBER DAYA BATUBARA KALORI RENDAH DI SUMATERA.**  
Oleh : Asep Suryana dan Fatimah.
- 124 - 132     **MASALAH DAN PENANGGULANGAN SEMBURAN GAS PADA PENGEBORAN SUMUR BML-1 DAERAH MUARA LAWAI, KABUPATEN LAHAT, SUMATRA SELATAN**  
Oleh : Hari prasetya, Iudhi Oki Prahesthi, Tarsis A. Dinarna
- 133 - 146     **PAPARAN MERKURI DI DAERAH PERTAMBANGAN EMAS RAKYAT CISOKA, KABUPATEN LEBAK, PROVINSI BANTEN : SUATU TINJAUAN GEOLOGI MEDIS**  
Oleh : Lia Novalia Agung dan Raharjo Hutamadi
- 147 - 157     **KOREKSI SMR PADA DESAIN LERENG TAMBANGTERBUKA BATUBARA PADA FORMASI BALIKPAPAN & FORMASI KAMPUNGBARU, SANGASANGA, KALIMANTAN TIMUR**  
Oleh : Zulfiadi Zakaria, Dicky Muslim, & Irvan Sophian

### GALERI PHOTO

Candra

### PEDOMAN PENULISAN KARYA ILMIAH

Redaksi

**SISTEM PANAS BUMI DAN MODEL KONSEPTUAL  
DAERAH PANAS BUMI GUNUNG UNGARAN, JAWA TENGAH**

***GEOHERMAL SYSTEM & CONCEPTUAL MODEL OF  
GUNUNG UNGARAN GEOHERMAL AREA, CENTRAL JAVA***

Oleh:

**Yuanno Rezky, Ahmad Zarkasyi, Dikdik Risdianto**

Pusat Sumber Daya Geologi  
Jl. Soekarno Hatta No. 444 Bandung

**SARI**

Penyelidikan dan penelitian geosain di daerah panas bumi Gunung Ungaran telah banyak dilakukan namun belum menghasilkan suatu model konseptual terpadu. Hasil kompilasi data penelitian terdahulu menunjukkan tiga kelompok daerah panas bumi di sekitar Ungaran yaitu Gedongsongo, Nglimut dan Kendalisodo dengan manifestasi berupa mata air panas, fumarol, tanah panas, dan batuan ubahan. Model konseptual panas bumi Gunung Ungaran menggambarkan geometri sistem panas bumi yang mencakup batuan penudung, reservoir, batuan dasar, sumber panas, serta isothermal dari kompilasi seluruh data yang ada.

Kata kunci: panas bumi, Gunung Ungaran, model konseptual

**ABSTRACT**

*Geoscientific investigation and research in Gunung Ungaran geothermal area had been carried out in numbers but integrated conceptual model of geothermal system is not defined yet. The result of compiled data from previous research shows that there are three groups of geothermal features around Ungaran, namely Gedongsongo, Nglimut and Kendalisodo. The surface manifestations are include hot springs, fumaroles, hot grounds, and altered rocks. Conceptual model of Ungaran geothermal field describes the geometry of geothermal system including cap rocks, reservoir, basement rocks, heat source, and isothermal data.*

*Key words: geothermal, Gunung Ungaran, conceptual model*

**PENDAHULUAN**

Wilayah kerja pertambangan (WKP) panas bumi Gunung Ungaran, Kabupaten Semarang dan Kabupaten Kendal, Jawa Tengah, ditetapkan berdasarkan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 1789 K/33/MEM/2007. Secara geografis, WKP Ungaran terletak pada koordinat 110° 18' 42.36" – 110° 29' 35.16" BT dan 7° 07' 42.69" – 7° 15' 44.96" LS. Luas WKP adalah 29.800 Ha dengan estimasi potensi sebesar 50 MWe.

Gunung Ungaran merupakan gunungapi Kuartar yang letaknya berada di utara Pegunungan Serayu Utara, dan merupakan hasil magmatisme belakang busur (*back arc magmatism*) dengan ketinggian sekitar 2.050 m dpl. Gunung Ungaran terletak di atas batuan dan tergabung dalam Formasi batuan tersier dan merupakan rangkaian paling utara dari jajaran gunungapi Ungaran – Telomoyo –

Merbabu - Merapi. Panas bumi Gunung Ungaran ditandai dengan mata air panas, fumarol, tanah panas, dan batuan ubahan.

Geologi kompleks depresi Ungaran telah dibahas oleh beberapa peneliti, di antaranya van Bemmelen (1941, 1949), Von Padang (1951), Nikmatul Akbar (1983), Hadisantono dan Sumpena (1993), Thanden dkk. (1996). Pertamina (1983 – 1988) telah melakukan survei pendahuluan geosains dengan metode geologi, geokimia, geofisika dan pengeboran landaian suhu yang dilakukan pada tahun 1986 dan 1992, melalui sumur USL-1, UN-1, UN-2 dan melalui UN-3 untuk mengetahui keprospekkan panas bumi di daerah ini. Selain itu beberapa tulisan ilmiah diantaranya Zarkasyi dkk (2011) telah membahas geosains dan zona prospek panas bumi daerah Ungaran.

Hasil riset dan tulisan-tulisan ilmiah tersebut belum menghasilkan suatu model

konseptual panas bumi yang mengintegrasikan dan menginterpretasikan data geologi, geokimia, geofisika, dan sumur landaian suhu untuk mendeskripsikan sistem panas bumi yang terbentuk di daerah Gunung Ungaran. Tulisan ini mencoba membuat pemodelan sistem panas bumi berdasarkan data tersebut yang bertujuan untuk menggambarkan perkiraan geometri sistem panas bumi Gunung Ungaran.

**METODOLOGI**

Metode yang digunakan adalah kompilasi data geosains yang terdapat pada laporan riset dan tulisan ilmiah terdahulu. Hasil kompilasi diharapkan dapat merekonstruksi gambaran bawah permukaan sistem panas bumi yang meliputi sumber panas, lapisan resevoir, lapisan penudung dan fluida panas.

Penafsiran kelurusan struktur geologi pada citra Landsat dan ASTER GDEM digunakan untuk memahami batasan sistem panas bumi dan vulkanisme. Korelasi data sumur landaian suhu USL-1, UN-1, UN-2 dan UN-3 dimaksudkan untuk menarik garis isothermal bawah permukaan.

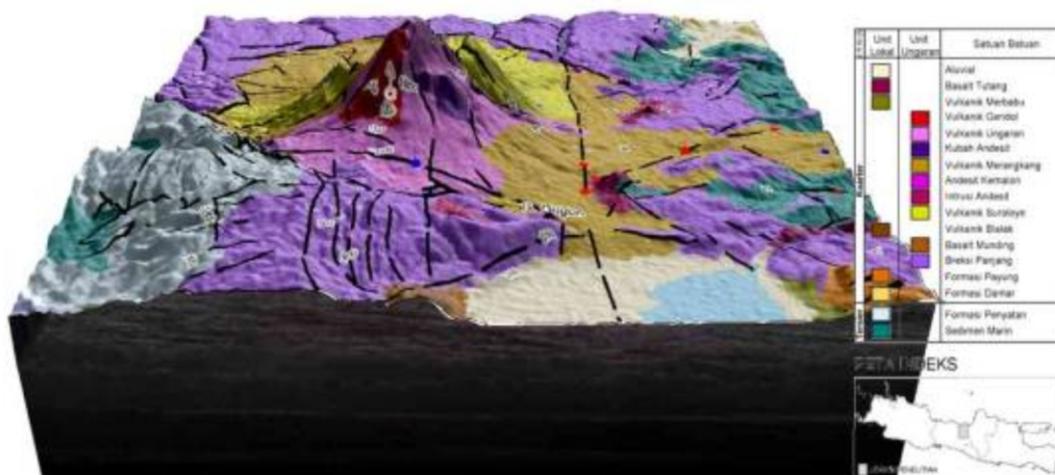
Kerangka gambaran bawah permukaan diperoleh dari penampang tahanan jenis *Magnetotelluric* (MT) yang kemudian dikompilasikan dengan penampang geologi. Hasil akhir berupa model konseptual panas bumi Gunung Ungaran.

**HASIL DAN ANALISIS**

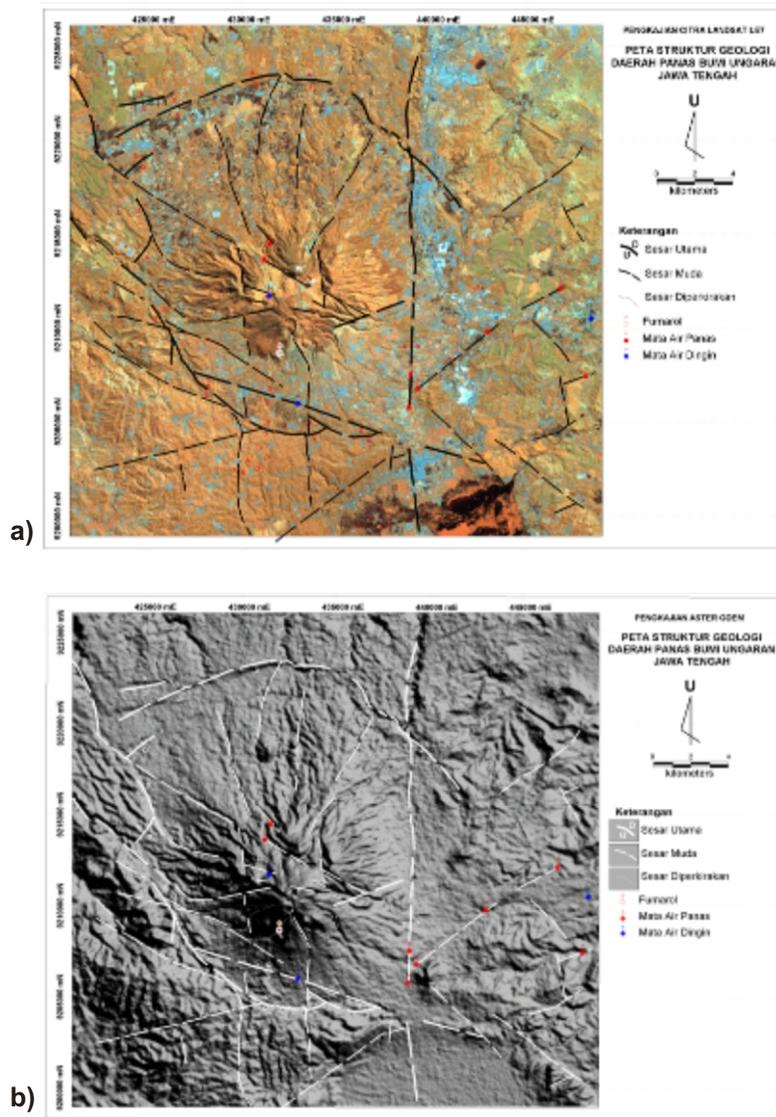
Daerah Ungaran memiliki beberapa manifestasi panas bumi yang tersebar di sekitar lereng timur hingga ke selatan dan di bagian barat laut sekitar Gonoharjo. Manifestasi terdiri atas mata air panas, fumarol, tanah panas, dan batuan ubahan. Mata air panas tersebar dalam enam kelompok yaitu di daerah Gedongsongo, Nglimut, Karangjoho, Diwak, Kali Ulo dan Jatikurung, sedangkan fumarol, tanah panas, dan batuan ubahan muncul hanya di sekitar Gedongsongo. Pada umumnya air panas bertemperatur 30 - 75 °C, dengan pH netral. Aktifitas fumarol yang berada di daerah Gedongsongo mempunyai temperatur antara 70 – 90 °C dan pH 3,5 (asam). Mineral ubahan hidrotermal menunjukkan mineral jenis kaolinit, penciri mineral asam yang terbentuk pada zona argilik. Munculnya fumarol dan belerang mengindikasikan daerah Gedongsongo merupakan daerah *upflow* dari sistem panas bumi Ungaran.

**Geologi Permukaan**

Morfologi Ungaran di bagian selatan memperlihatkan kenampakan morfologi yang tinggi dan terjal, tersusun oleh batupasir vulkanik dan breksi berumur Kuartar. Di bagian tengah hingga utara membentuk perbukitan bergelombang lemah, batumannya tersusun oleh breksi



**Gambar 1.** Geologi daerah Ungaran (modifikasi dari Hadisantono dan Sumpena, 1993 dalam Thaden dkk., 1996)



**Gambar 2.** a) Peta Struktur Geologi daerah Ungaran berdasarkan penafsiran Citra Landsat LE7  
 b) Peta Struktur Geologi daerah Ungaran berdasarkan penafsiran Citra ASTER GDEM setelah penafsiran dari Citra Landsat LE7

vulkanik Ungaran Tua dan Formasi Kalibiuk yang ditutupi endapan aluvial di bagian utara.

Komposisi batuan yang terdapat di Gunung Ungaran cukup bervariasi, terdiri dari basal olivin, andesit piroksen, andesit hornblende dan gabro. Batuan ubahan dijumpai di sekitar Gedongsongo yang ditunjukkan oleh munculnya mineral-mineral halosit, kaolinit, silika amorf, kristobalit, ilit, markasit, dan pirit. Batuan ubahan tersebut terdapat dekat fumarol dan mata air panas di sepanjang aliran Sungai Item. Asosiasi kelompok mineral ubahan yang terbentuk menunjukkan temperatur bawah permukaan

lapangan panas bumi Gedongsongo berkisar antara 70° - 200°C dan bersifat asam (Indarto, 2006).

Sistem panas bumi yang berkembang di Gunung Ungaran secara geologi berada di zona depresi dengan litologi permukaan didominasi oleh batuan vulkanik berumur Kuartar berupa kerucut-kerucut muda. Struktur amblesan vulkanik (depresi) yang memanjang dari barat hingga tenggara mengontrol sistem panas bumi Ungaran. Batuan vulkanik penyusun pra-kaldera dikontrol oleh sistem sesar yang berarah barat laut-barat daya dan tenggara-barat daya. Pada Batuan vulkanik penyusun post-

kaldera hanya terdapat sedikit struktur yang dikontrol oleh sistem sesar regional (Budiardjo et al. 1997).

Hasil analisis citra (Gambar 2.a dan b) menampilkan struktur sekunder yang berkaitan erat dengan sistem panas bumi Ungaran, dengan kompleks vulkanik Ungaran dibatasi oleh struktur utama berarah baratlaut-tenggara hingga hampir barat-timur pada batas bagian barat dan selatan. Kemudian struktur utama berarah utara-selatan yang memanjang hingga ke utara membatasi kompleks vulkanik ini di bagian timur. Sedangkan di bagian utara kompleks vulkanik Ungaran dibatasi oleh struktur utama berarah barat-timur hingga baratlaut-tenggara.

Pemunculan kelompok mata air panas Karangjoho dan Kaliulo dikontrol oleh struktur berarah timurlaut-baratdaya dan dibatasi oleh struktur utama berarah utara-selatan yang membatasi kompleks vulkanik Ungaran di bagian timur. Sementara pemunculan manifestasi Gedongsongo, Nglimut dan Baun dikontrol oleh zona struktur berarah utara-selatan sebagai pembatas pemunculannya dan struktur muda berarah baratlaut-tenggara sebagai media keluarnya manifestasi Nglimut dan struktur berarah timurlaut-baratdaya untuk manifestasi Gedongsongo.

### Geologi Bawah Permukaan

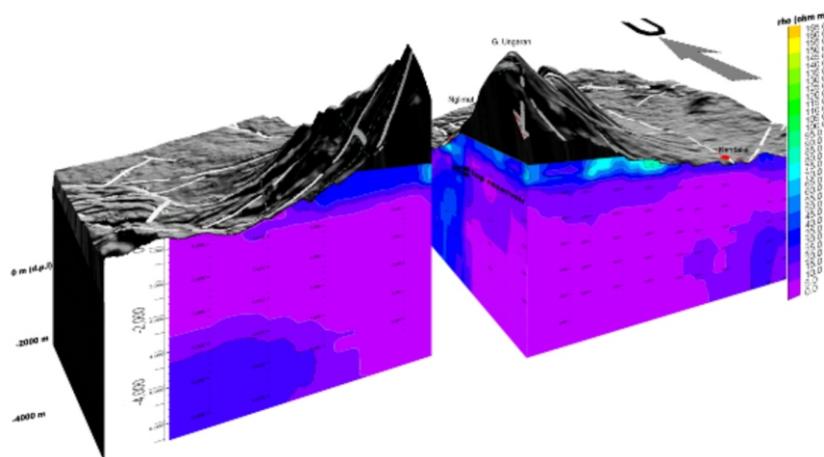
Interpretasi dari data gaya berat (Anonim, 1986a) memperlihatkan tubuh dengan densitas 2,7 - 2,9 gr/cm<sup>3</sup> terindikasi

di bawah Gunung Ungaran berada pada kedalaman sekitar 250 - 400 m diduga merupakan magma yang menerobos sedimen Tersier. Anomali sisa (>10 mgal) membentuk kontur tertutup memperkuat dugaan adanya suatu tubuh batuan dengan densitas yang kontras dengan sekitarnya pada bagian utara Gunung Ungaran.

Nilai geolistrik (Anonim, 1985a) tahanan jenis semu tinggi menempati daerah elevasi tinggi sekitar Gunung Ungaran. Anomali tahanan jenis rendah yang terpetakan di area selatan diperkirakan sedimen Tersier, hingga kedalaman 500 meter.

Penurunan tahanan jenis seiring dengan bertambahnya kedalaman mempertegas keberadaan anomali rendah di bagian selatan dan timur. Lapisan batuan memiliki nilai tahanan jenis 5 - 20 ohmmeter hingga kedalaman 500 meter, dan diikuti anomali sangat rendah <5 ohmmeter yang menerus ke bawah.

Tahanan jenis semu MT dari data Pertamina (Anonim, 1984a) menunjukkan tahanan jenis rendah pada bagian selatan dan tenggara Gunung Ungaran. Anomali rendah di selatan dan tenggara ini diperkirakan sebagai sedimen Tersier. Lapisan konduktif di daerah Gedongsongo disisipi oleh lapisan batuan dengan tahanan jenis 11 ohmmeter hingga 15 ohmmeter, sedangkan di daerah Nglimut terindikasi lapisan batuan konduktif (<10 ohmmeter) dan lapisan batuan bertahanan jenis intermedian >20 ohmmeter. Sisipan lapisan konduktif ini yang diperkirakan sebagai zona



**Gambar 3.** Penampang tahanan jenis MT direkonstruksi dari data Pertamina (Anonim, 1984)

penudung dari sistem panas bumi Ungaran sedangkan lapisan di bawahnya diduga merupakan resevoir.

Pengukuran MT juga dilakukan di sekitar lokasi manifestasi fumarol Gedongsongo (Widarto dkk., 2003). Hasil interpretasi MT menghasilkan model tahanan jenis yang mengindikasikan adanya kerucut intrusi yang diduga merupakan salah satu kerucut parasitik di Ungaran. Kerucut ini dicirikan oleh anomali tahanan jenis tinggi ( $>10.000$  ohmmeter), diperkirakan merupakan intrusi andesit yang masih menyimpan panas dan dalam proses pendinginan. Lapisan permukaan, dengan tebal 400 m di bawah Kawah Item dengan nilai anomali lebih besar dari 1.000 ohmmeter, diinterpretasikan sebagai lapisan batuan yang disusun oleh lava dan breksi lahar andesitik yang terkompakkan. Di bawah lapisan ini diisi lapisan batuan bersifat konduktif ( $<10$  ohmmeter) dengan tebal 200 m dan disusul lapisan tahanan jenis intermedian 30 hingga 300 ohmmeter mulai kedalaman 600 sampai 1.600 meter.

Dari data landaian suhu sumur USL-1, UN-1, UN-2, dan UN-3, secara umum menunjukkan bahwa stratigrafi batuan penyusun Gunung Ungaran terdiri dari perselingan lava andesit, endapan laharik dan piroklastik. Dari perselingan ini dapat ditarik kesimpulan bahwa Gunung Ungaran termasuk tipe stratovulkanik.

Landaian suhu di sumur USL-1 terhitung  $10,4^{\circ}\text{C}/100$  m atau sekitar 3 kali landaian suhu rata-rata bumi, dengan temperatur di dasar sumur pada kedalaman 500 m mencapai  $52^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan pengukuran tekanan menunjukkan tekanan di dasar sumur mencapai  $38\text{ kg/cm}^2$ .

Tingkat ubahan batuan di sumur USL-1 lebih intensif dibandingkan dengan ketiga sumur lainnya, dengan tingkat ubahan dari menengah hingga kuat dan didominasi oleh mineral lempung dan klorit dari mulai kedalaman 0 - 500 m. Terutama pada kedalaman 447 - 500 m, didominasi oleh klorit dan kuarsa sekunder yang mencapai 12% (Gambar 4).

Pada kedalaman 10 - 400,35 m di sumur USL-1 terdapat mineral apatit yang mengindikasikan alterasi yang berkaitan dengan intrusi, dan biasanya terdapat pada zona potasik. Kehadiran biotit sekunder juga

mengindikasikan proses alterasi yang berkaitan dengan intrusi dan memperkuat dugaan bahwa di daerah ini pernah terjadi ubahan yang berkaitan dengan intrusi dengan kisaran temperatur antara  $200 - 400^{\circ}\text{C}$ .

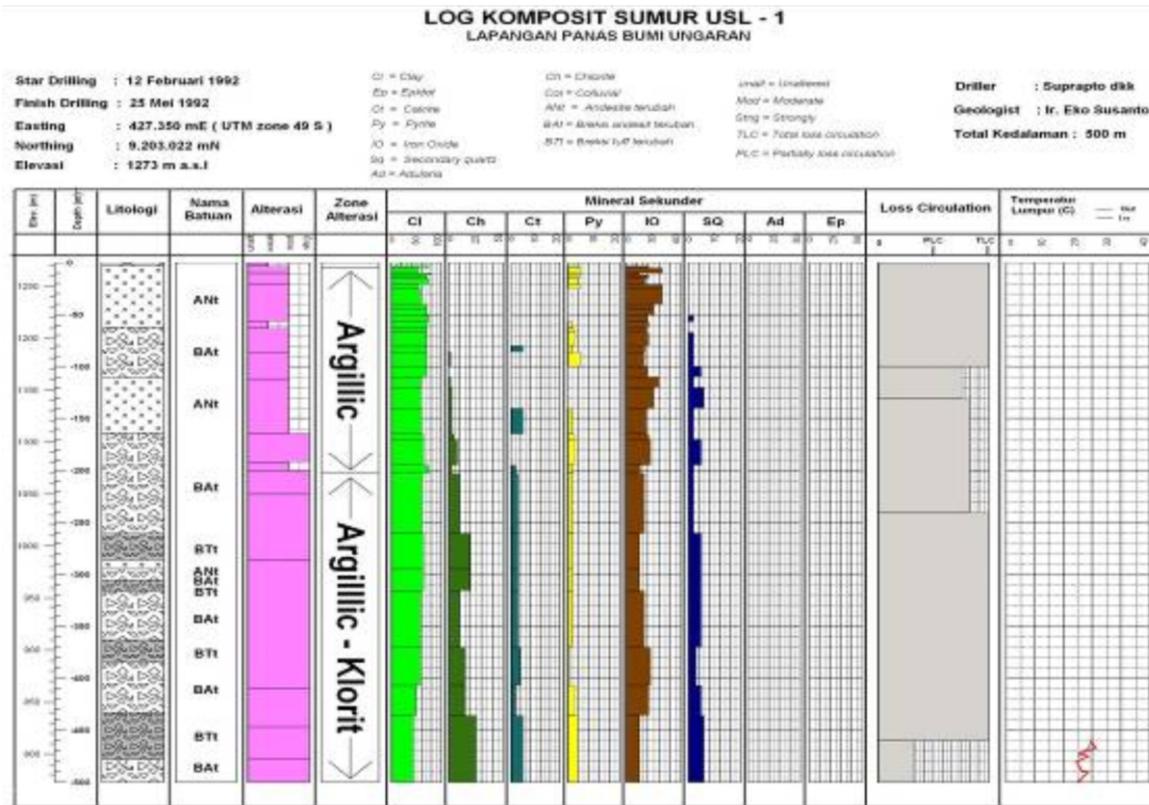
Dari komposisi mineral sekunder maka tipe ubahan di sumur landaian suhu berjenis argilik hingga klorit, terbentuk pada kisaran temperatur  $120 - 320^{\circ}\text{C}$  dengan pH fluida bersifat asam-netral. Bila dikombinasikan antara rentang temperatur dari pembentukan mineral sekunder dengan data *logging* temperatur menunjukkan bahwa ubahan ini bersifat fosil.

Penampang korelasi temperatur bawah permukaan antar sumur menunjukkan bahwa garis isothermal di sumur UN-1 (berada di daerah manifestasi Karangjoho) menunjukkan kecenderungan naik dari sumur UN-3, dan kembali menurun di sumur UN-2 (Gambar 5). Hal ini memperkuat dugaan bahwa di daerah Kendalisodo terdapat suatu sistem geothermal tersendiri yang terpisah dengan sistem di Gedongsongo.

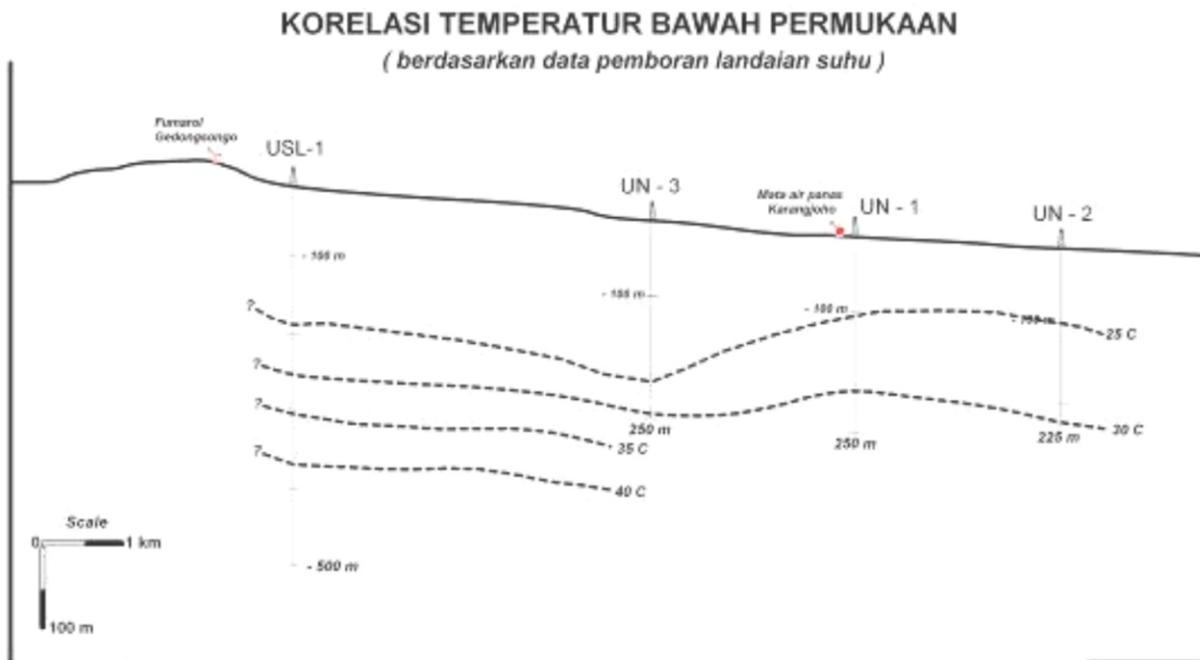
## PEMBAHASAN

Daerah Panas Bumi Ungaran berada pada zona depresi vulkanik kompleks Gunung Ungaran dengan banyak struktur geologi (kekar dan sesar) menjadikan daerah ini memiliki kemampuan untuk meloloskan air permukaan (*meteoric water*) ke bawah permukaan. Sebagian air meteorik tersebut kemudian berinteraksi dengan fluida magmatik dan gas-gas vulkanik yang berasal dari tubuh magma dan terjadi rambatan panas yang menghasilkan fluida panas.

Mata air panas yang muncul di Gedongsongo menunjukkan pH asam hingga netral, dengan tipe air sulfat. Kandungan gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{S}$  tinggi disertai hembusan uap air dengan temperatur hembusan mencapai  $90^{\circ}\text{C}$ . Kondisi ini menunjukkan bahwa daerah Gedongsongo berada di zone *upflow* pada suatu sistem reservoir dominasi air (*water dominated*), terutama ditunjang oleh keberadaan manifestasi fumarol. Sedangkan suplai fluida yang mengontrol mata air panas Nglimit berjenis bikarbonat yang mengindikasikan penciri zona *outflow* dari sistem panas bumi Ungaran.



Gambar 4. Log komposit sumur USL-1 dimodifikasi dari data Pertamina (Anonim, 1986)



Gambar 5. Korelasi temperatur bawah permukaan berdasarkan hasil pengukuran survei landaian suhu oleh Pertamina (Anonim, 1986)

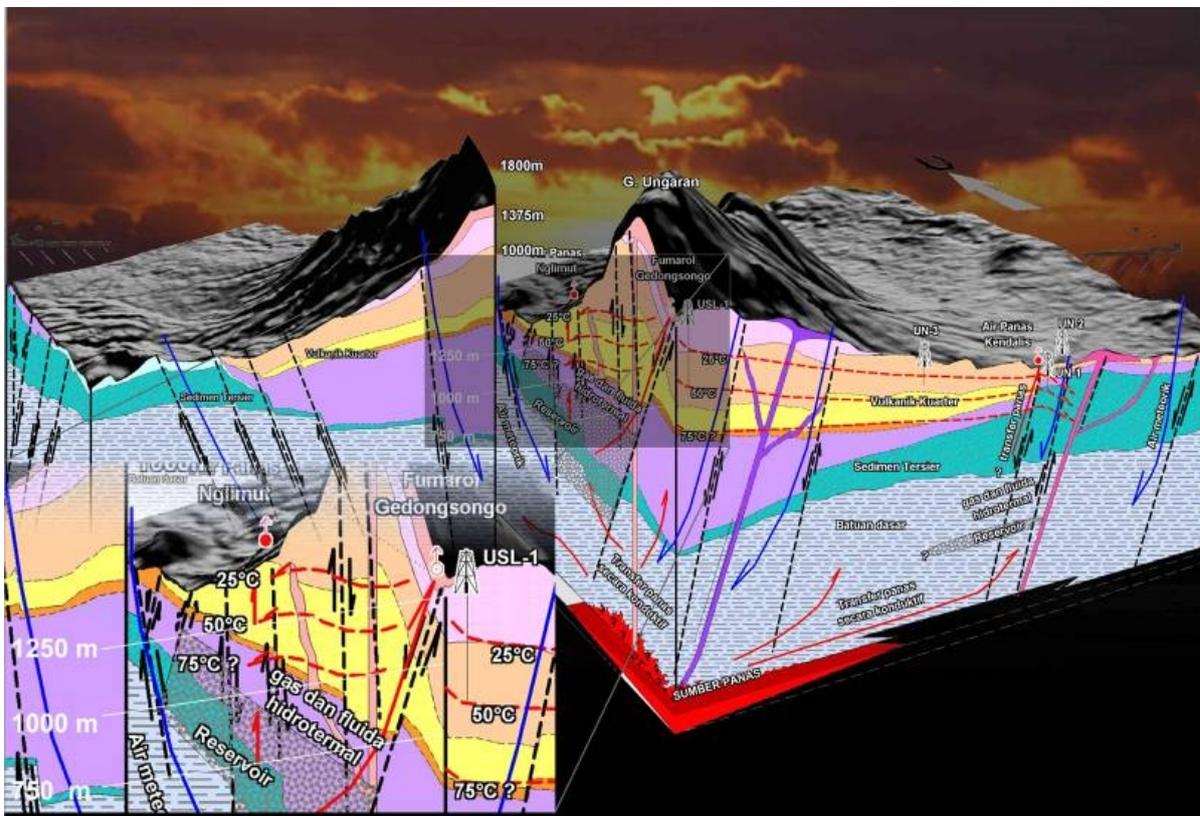
Hasil estimasi temperatur reservoir dengan geotermometer gas dari fumarol Gedongsongo mencirikan adanya pengaruh unsur magmatis dengan temperatur lebih dari 300°C (Zarkasyi, dkk 2011).

Sistem panas bumi Ungaran terbentuk dengan batuan penudung berupa batuan ubahan bertipe argilik. Interpretasi MT, lapisan penudung ini memiliki ketebalan sekitar 300 - 500 m di daerah Nglimut dan sekitar 1400 m di daerah Gedongsongo (Zarkasyi, dkk 2011). Pendapat lain dari Widarto dkk., (2003) menyebutkan bahwa lapisan konduktif (<10 ohmmeter) memiliki ketebalan 200 m dan disusul lapisan tahanan jenis intermedian 30 – 300 ohmmeter mulai kedalaman 600 sampai 1.600 m.

Puncak reservoir berada pada ketinggian sekitar 300 m di atas permukaan laut, dengan tahanan jenis diatas 30 ohm-m. Reservoir diperkirakan terbentuk pada batuan vulkanik pra-Ungaran yang kaya dengan rekahan dan bersifat permeabel

yang terbentuk akibat aktifitas struktur sesar yang ada atau akibat sifat fisik batuan itu sendiri yang berporositas baik, dan ini ada pada sedimen Tersier. Permeabilitas yang terdapat dalam batuan ini adalah permeabilitas primer berupa ruang antar butir yang saling berhubungan serta permeabilitas sekunder yang terbentuk akibat rekahan-rekahan. Dibawahnya ditempati batuan sedimen (meta-sedimen?) dianggap sebagai batuan dasar di daerah Ungaran.

Sumber panas sistem panas bumi Gedongsongo dan Nglimut diperkirakan dari sisa panas dapur magma Gunung Ungaran Muda berumur Kuartar. Sedangkan di daerah Kendalisodo sumber panas diperkirakan berasal dari tubuh intrusi yang berasosiasi dengan kubah lava andesitik Gunung Kendalis. Penampang landaian suhu yang menunjukkan garis isothermal cenderung naik pada sumur UN-1, memperkuat dugaan bahwa terdapat suatu sistem tersendiri di daerah Kendalisodo yang



Gambar 6. Model konseptual daerah panas bumi Gunung Ungaran

terpisah dengan sistem panas bumi di Gedongsongo. Dari hasil pembahasan, disajikan model konseptual daerah sistem panas bumi Ungaran (Gambar 6).

## KESIMPULAN

Sistem panas bumi yang berkembang di Gunung Ungaran berada di zona depresi yang membatasi kompleks vulkanik Gunung Ungaran dengan litologi permukaan didominasi oleh batuan vulkanik berumur Kuartar.

Adanya tubuh vulkanik dengan densitas 2,7 - 2,9 gr/cm<sup>3</sup> terindikasi di bawah Gunung Ungaran berada pada kedalaman sekitar 250 – 400 m. Hal ini diperkuat oleh kehadiran mineral apatit dan biotit sekunder pada sumur USL-1 pada kedalaman 10 – 400,35 m yang mengindikasikan proses alterasi yang berkaitan dengan intrusi.

Lapisan konduktif di daerah Gedongsongo disisipi oleh lapisan batuan dengan tahanan jenis 11 - 15 ohmmeter, sedangkan di daerah Nglimut terindikasi lapisan batuan konduktif (<10 ohmmeter), memiliki ketebalan sekitar 300 - 500 m di daerah Nglimut dan sekitar 1.400 m di

daerah Gedongsongo.

Puncak reservoir berada pada ketinggian sekitar 300 m di atas permukaan laut, dengan tahanan jenis diatas 30 ohm-m, terbentuk pada batuan vulkanik pra-Ungaran yang kaya akan rekahan dan bersifat permeabel dengan temperatur reservoir sebesar 300°C.

Sumber panas sistem panas bumi Gedongsongo dan Nglimut diperkirakan dari sisa panas dapur magma Gunung Ungaran Muda. Sedangkan di daerah Kendalisodo sumber panas diperkirakan berasal dari tubuh intrusi yang berasosiasi dengan kubah lava.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam proses penulisan paper ini, kami mengucapkan terima kasih kepada Bapak Sjafra Dwipa yang telah banyak memberikan masukan dalam penyelesaian paper serta seluruh staf Pusat Sumber Daya Geologi di Kelompok Penyelidikan Panas Bumi yang turut serta dalam berdiskusi tentang materi di tulisan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1991. Survei Hg – CO<sub>2</sub> di daerah Ungaran, Jawa Tengah. Unpublish report Pertamina, Divisi Geothermal, Jakarta.
- Anonim, 1987, Evaluasi akhir survey geokimia daerah Ungaran Jawa – Tengah. Unpublish report Pertamina, Divisi Geothermal, Jakarta.
- Anonim, 1986a. Penyelidikan gayaberat Gunung Ungaran, Jawa Tengah. Unpubl. report Pertamina, Divisi Geothermal, Jakarta.
- Anonim, 1986b. Laporan akhir pengeboran sumur dangkal daerah Ungaran Jawa – Tengah. Unpublish report Pertamina, Divisi Geothermal, Jakarta.
- Anonim, 1985a. Ungaran resistivity survey, field and interpretation report. Unpublish report Pertamina, Divisi Geothermal, Jakarta.
- Anonim, 1985b. Laporan Pengkajian Foto udara daerah Gunung Ungaran, Jawa Tengah. Unpublish report Pertamina, Divisi Geothermal, Jakarta.
- Anonim, 1984a. Petrographic description of surface rock samples from Gunung Ungaran, Central Java. Unpublish report Pertamina, Divisi Geothermal, Jakarta.
- Anonim, 1984b. Magnetotelluric survey for geo- thermal exploration in G. Ungaran Area. Central Java. Unpublish report Pertamina, Divisi Geothermal, Jakarta.
- Anonim, 1983. Laporan Pendahuluan geologi daerah Gunung Ungaran, Jawa Tengah. Unpublish report Pertamina, Divisi Geothermal, Jakarta.
- Indarto, S., 2006. Studi Batuan Vulkanik dan Batuan Ubahan Pada Lapangan Panas bumi Gedong-songo Komplek Gunung Ungaran, Geotek, LIPI.
- Kenyon, C.S dan Beddoes, L. R. jr. 1977. Geothermal gradient map Southeast Asia. South East Asia Petroleum Explor. Soc. And Indonesia Petroleum Assoc., 50 p.
- Muhardjo, Rab E S, Yusup R, Yuhan, Sundoro H., 1987. Penyelidikan geologi daerah panas bumi G.Ungaran Jawa Tengah. Unpublish report, Direktorat Vulkanologi, Bandung.
- Nukman, M., 2009. Overview of Gedong-songo Manifestations, Ungaran Geothermal Prospect, Central Java, Indonesia: a preliminary account, Thirty-Fourth Workshop on Geo-thermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California.

- Wahyudi, 2006., Kajian Potensi Panas Bumi Dan Rekomendasi Pemanfaatannya Pada Daerah Prospek Gunungapi Ungaran Jawa Tengah. Berkala MIPA, 16(1)
- Widarto, D. S, Gaffar E.Z., Yudistira T., Irianta B., Sunardi, 2003. Karakterisasi Sumberdaya Panasbumi Skala Kecil di Zona Depresi Vulkanik Ungaran, Jawa Tengah, Geotek, LIPI.
- Thaden, R.E., Sumadirja, H., Richards P.W., 1975, Peta Geologi lembar Magelang dan Semarang, Jawa Tengah, Direktorat Geologi.
- Zarkasyi A., dkk., 2011, Review Geosain Untuk Menentukan Area Keprospekan Panasbumi Di Daerah Gunung Ungaran, Jawa Tengah. Buletin Sumber Daya Geologi, Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.

Diterima tanggal 10 September 2012 Revisi tanggal 29 Oktober 2012
--

**TINJAUAN AWAL  
ALOKASI PEMANFAATAN SUMBER DAYA BATUBARA KALORI RENDAH  
DI SUMATERA**

**PREVIEW ON RESOURCE ALLOCATION FOR LOW CALORIE COALS IN SUMATERA**

Oleh:

**Asep Suryana dan Fatimah**

Pusat Sumber Daya Geologi  
Jl. Soekarno Hatta No. 444 Bandung

**SARI**

Batubara kalori rendah tersebar cukup banyak di Sumatera. Potensi ini belum termanfaatkan secara optimal karena terkendala oleh berbagai faktor, antara lain nilai jual yang tidak ekonomis. Alokasi pemanfaatan batubara kalori rendah perlu dilakukan dalam upaya memanfaatkan potensi alam ini secara optimal. Tinjauan alokasi potensi batubara ini dilakukan dengan mengelompokkan potensi batubara yang lokasinya berdekatan dan dapat dimanfaatkan untuk tujuan yang sama. Hasil tinjauan ini menunjukkan bahwa batubara kalori rendah Sumatera dapat dialokasikan untuk proses gasifikasi batubara, pencairan batubara serta kenaikan peringkat batubara.

Kata kunci: alokasi, batubara kalori rendah, Sumatera, gasifikasi, pencairan batubara, kenaikan peringkat

**ABSTRACT**

*Low calorie coals are distributed widely in Sumatra. Optimum utilization has not obtained yet due to several obstacles such as uneconomic selling value. Review on coal allocation has been carried out by grouping coal potential in the nearby location which can be utilized for the same purpose. It can be concluded that low calorie coal of Sumatra can be allocated for coal gasification, coal to liquid, as well as upgrading coal rank.*

*Keywords: allocation, low calorie coal, Sumatra, gasification, coal liquifaction, upgrading*

**PENDAHULUAN**

Sumatera merupakan salah satu pulau di Indonesia, yang memiliki potensi batubara terbanyak. Sumber daya batubara Sumatera saat ini mencapai 64.592,37 juta ton, dengan cadangan batubara sebesar 14.799,99 juta ton yang kualitasnya bervariasi, mulai dari batubara kalori tinggi sampai batubara kalori rendah (Anonim, 2011).

Berdasarkan kajian Tim Pusat Sumber Daya Geologi Tahun 2011, sekitar 30% dari sumber daya batubara yang terdapat di Sumatera merupakan batubara kalori rendah dengan nilai kalori batubara di bawah 5.100 kal/gr (adb). Batubara kalori rendah ini tersebar hampir di seluruh daerah di Sumatera mulai dari Provinsi Nangroe Aceh Darusalam, Sumatera Utara, Riau (daratan), Jambi, Bengkulu, Sumatera

Selatan dan Provinsi Lampung. Pada beberapa tempat endapan batubara kalori rendah ini telah ditambang, baik dalam skala besar maupun skala kecil (tambang rakyat). Sebagian hasil penambangan dialokasikan untuk ekspor dengan harga yang rendah sekali. Namun, masih banyak batubara kalori rendah di Sumatera yang belum ditambang dikarenakan oleh berbagai alasan, misalnya akibat adanya tumpang tindih lahan ataupun karena lokasinya yang cukup jauh dari sarana infrastruktur yang ada, sehingga batubara tersebut dianggap kurang ekonomis untuk ditambang, mengingat biaya transportasi yang cukup mahal. Batubara yang masih belum ditambang tersebut perlu dikelola dengan baik agar manfaat potensi sumber daya alam ini bisa dioptimalkan dan tidak hanya dirasakan oleh para pelaku

pengusaha batubara, melainkan dapat dirasakan juga oleh masyarakat di sekitarnya.

Maksud tinjauan ini adalah untuk mengetahui lokasi terdapatnya batubara kalori rendah di Sumatera agar dapat ditentukan alokasi pemanfaatannya. Tujuannya adalah sebagai bahan pertimbangan untuk perencanaan pemanfaatan batubara Sumatera. Diharapkan tinjauan ini dapat dipakai sebagai salah satu acuan bagi para pemangku keputusan dalam perencanaan pemanfaatan batubara kalori rendah di Sumatera, agar sumber daya alam yang tak dapat diperbaharui ini dapat dimanfaatkan secara optimal.

## METODOLOGI

Pengelompokkan sumber daya batubara kalori rendah di Sumatera ini masih berupa tinjauan awal yang bersifat global. Data yang digunakan berupa data sekunder potensi batubara Sumatera yang bersumber dari Pemutakhiran Data dan Neraca Energi Fosil yang disusun oleh Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi (Anonim, 2011). Data tersebut dikelompokkan berdasarkan nilai potensinya (sumber daya dan cadangan batubara), lokasi keberadaan potensi batubara tersebut dan dikaitkan dengan kemudahan pencapaian ke lokasi tersebut serta keberadaan infrastruktur penunjang lainnya (misalnya jalur pipa gas). Asumsinya, batubara yang berada jauh dari pantai dapat dimanfaatkan dengan proses gasifikasi (*coal gasification*) ataupun pencairan batubara (*coal to liquid*) dengan pabrik gasifikasi/pencairan di dekat tambang batubara. Hal ini didasari oleh pemikiran bahwa pengangkutan batubara tidaklah murah oleh karena itu lebih baik mengangkut produk akhir yang berupa gas atau minyak. Sedangkan untuk batubara yang berlokasi di dekat pantai/pelabuhan dapat diproses dengan *Upgrading Brown Coal* (UBC) dan pabrik UBC bisa berlokasi dimana saja.

Beberapa potensi batubara yang lokasinya berdekatan kemudian digabungkan dalam 1 (satu) kelompok untuk memudahkan pemanfaatan potensi batubara tersebut. Kelompok ini dinamai berdasarkan potensi terbesar pada kelompok tersebut, misalnya potensi

batubara kalori rendah di provinsi Riau adalah daerah Cerenti, maka kelompok tersebut dinamakan Kelompok Cerenti. Pembangunan pabrik pemanfaatan batubara juga disarankan pada lokasi dengan potensi batubara terbesar.

## TEKNOLOGI PEMANFAATAN BATUBARA

Batubara diyakini memberikan dampak buruk bagi lingkungan yang diakibatkan oleh produk sampingan hasil pembakaran langsung. Oleh karena itu berbagai penelitian telah dilakukan untuk mereduksi dampak tersebut dengan mengembangkan berbagai teknologi pemanfaatan batubara yang diyakini lebih ramah lingkungan. Beberapa teknologi tersebut diantaranya akan diuraikan berikut ini.

### Gasifikasi batubara

Gasifikasi batubara merupakan suatu proses yang dilakukan untuk menghasilkan gas sintetik (*syngas*). Komposisi gas sintetik yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida (CO), hidrogen (H<sub>2</sub>), karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan uap air (H<sub>2</sub>O). Konversi batubara menjadi gas ini dilakukan dalam sebuah reaktor, baik dengan menggunakan pereaksi ataupun tanpa menggunakan pereaksi. Pereaksi tersebut dapat berupa udara, campuran udara/uap air ataupun campuran oksigen/uap air (Suprpto, 2011).

### Pencairan batubara

Pencairan batubara merupakan proses yang dilakukan untuk menghasilkan bahan bakar cair sintetik dari batubara. Penelitian dan pengembangan konversi batubara menjadi bahan bakar cair ini dilandasi pemikiran untuk pencarian sumber bahan bakar cair lain selain minyak bumi yang cadangannya semakin berkurang. Proses pencairan batubara diawali dengan proses gasifikasi batubara untuk menghasilkan gas sintetik. Selanjutnya gas sintetik ini diproses kembali dengan menggunakan suatu katalis untuk menghasilkan bahan bakar cair. Beberapa negara sudah mulai melakukan demo *plant* untuk pencairan batubara ini diantaranya Cina. Pencairan batubara yang dilakukan di

Cina menghasilkan bahan bakar cair dengan komposisi 70% minyak diesel, 20% nafta, 10% LPG (*Liquefied petroleum gas*) dan produk minor lainnya (Suprpto, 2011).

**Penaikan peringkat batubara**

Penaikan peringkat batubara (*Upgrading Brown Coal/UBC*) merupakan proses peningkatan kualitas batubara peringkat rendah untuk menghasilkan batubara dengan kualitas menyerupai batubara peringkat tinggi (*bituminous*). Nilai kalori batubara peringkat rendah seperti lignit dan *sub-bituminous* berkisar 3.500 – 5.000 kkal/kg dapat ditingkatkan menjadi batubara peringkat tinggi dengan kalori 6.200 – 7.000 kkal/kg melalui penurunan kadar air (Umar, 2011).

**HASIL TINJAUAN**

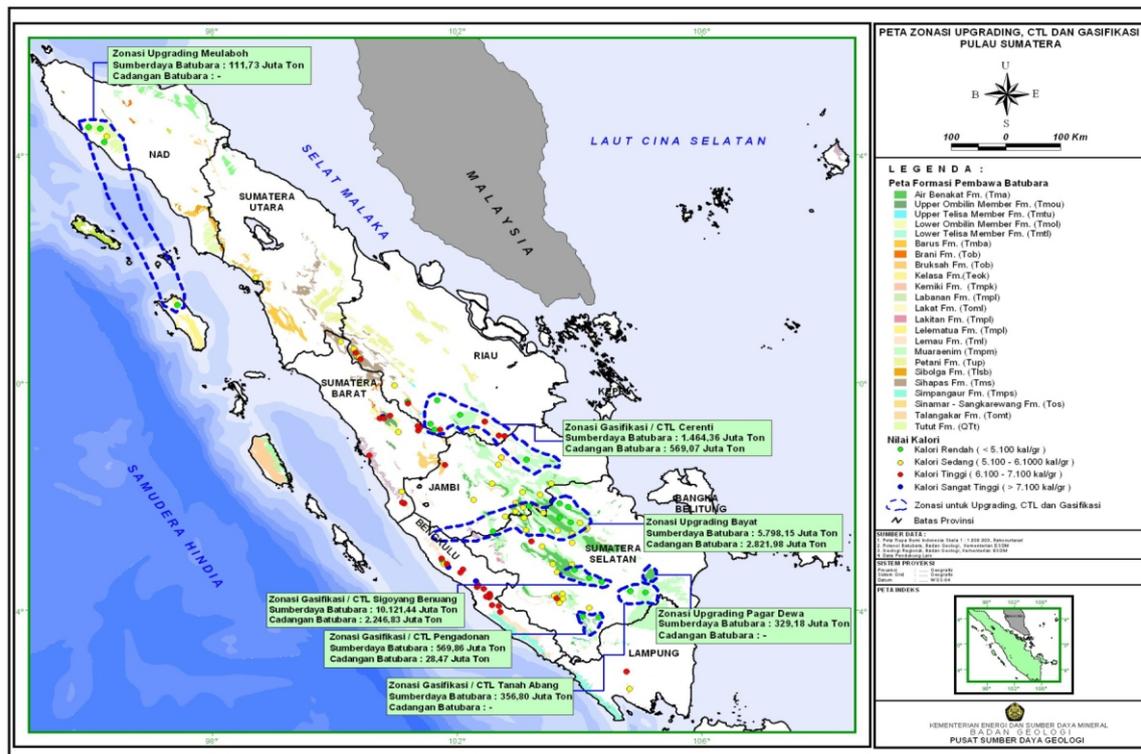
Kriteria yang digunakan dalam evaluasi ini yaitu potensi, jarak antar lokasi, dan akses. Evaluasi data menghasilkan 7 kelompok batubara kalori rendah yang tersebar di wilayah Sumatera (Tabel 1 dan Gambar 1). Setiap kelompok memiliki total sumber daya batubara lebih dari 100 juta ton. Hal ini dilandasi pertimbangan bahwa saat ini di Indonesia telah dikembangkan reaktor gasifikasi batubara dengan kapasitas 150 kg batubara/jam

(<http://www.tekmira.esdm.go.id>, 2012). Asumsinya, batubara yang dibutuhkan reaktor tersebut sekitar 10 juta ton/tahun, sehingga dengan potensi minimal 100 juta ton batubara maka pabrik pengolahan batubara tersebut diperkirakan akan bertahan paling tidak selama 10 tahun.

Kelompok pertama adalah Kelompok Batubara Kalori Rendah Meulaboh yang terdapat di Nanggroe Aceh Darussalam (NAD). Potensi batubara ini terletak tidak jauh dari pantai. Akses untuk membawa batubaranya keluar dari daerah Meulaboh relatif mudah. Berdasarkan kriteria tersebut, batubara kalori rendah daerah ini dapat dialokasikan untuk *upgrading*. Namun sumber daya batubara yang jumlahnya sekitar 97,76 juta ton masih harus dipertimbangkan lagi, karena jika sumber daya batubaranya kurang memadai maka ada kemungkinan secara ekonomi tidak akan menguntungkan. Oleh karena itu harus dicari lagi batubara kalori rendah dari lokasi lain yang memungkinkan untuk ditambahkan, sehingga mempunyai nilai ekonomis. Batubara daerah Nias (Sumatera Utara) yang jumlahnya sekitar 19,97 juta ton bisa dimanfaatkan untuk menunjang alokasi *upgrading* di Meulaboh, mengingat lokasi Nias paling dekat ke Meulaboh dan transportasinya bisa menggunakan

Tabel 1. Zonasi Batubara yang dialokasikan untuk CTL, UBC dan Gasifikasi

No.	Kelompok	Lokasi Batubara	Sumberdaya	Cadangan	Total		Alokasi
					Sumberdaya	Cadangan	
(Juta Ton)							
1	Meulaboh	Aceh Barat (NAD)	91,76		111,73		<i>Upgrading</i>
		Nias (Sumatera Utara)	19,97				
2	Cerenti	Cerenti (Riau)	1.340,63	569,07	1.464,36	569,07	Gasifikasi/CTL
		Peranap (Indragiri Hulu-Riau)	7,76				
		Pelalawan (Riau)	23,5				
		Lubuk Jambi (Riau)	21,00				
		Kuantan Mudik (Riau)	22,59				
		Tanjung Jabung (Jambi)	48,88				
3	Bayat	Sungai Gedang (Merangin-Jambi)	2,25		5.798,15	2.821,98	<i>Upgrading</i>
		Air Tenang (Bengkulu)	21,92				
		Bayat (MuBa - SumSel)	3.169,23	2.597,26			
		Bentayan (MuBa - SumSel)	92,22				
		Lbk. Mahang (MuBa - SumSel)	1.892,78	123,19			
		Bayung Lincir (MuBa - SumSel)	323,5				
4	Sigoyang Benuang	Babattoman (MuBa - SumSel)	296,25	101,53	10.121,44	2.246,83	Gasifikasi/CTL
		Sigoyang Benuang (M.Enim - SumSel)	9.286,52	2.246,83			
5	Pengadonan	Lembak (M.Enim - SumSel)	834,92		569,86	28,47	Gasifikasi/CTL
		Pengadonan (OKU - SumSel)	275,79				
		Tj. Lubuk (OKU - SumSel)	272,4	28,47			
6	Tanah Abang	Kartanegara (OKU - SumSel)	21,67		356,80		Gasifikasi/CTL
		Tl. Karangan (OKUTim - SumSel)	23,74				
7	Pagar Dewa	Tanah Abang (OKUTim - SumSel)	333,06		329,18		<i>Upgrading</i>
		Pagar Dewa (OKI - SumSel)	329,18				



Gambar 1. Zonasi Batubara yang dialokasikan untuk CTL, UBC dan Gasifikasi

transportasi laut. Diharapkan, dengan sumber daya batubara sekitar 100 juta ton proses *upgrading* batubara bisa mempunyai nilai ekonomis.

Kelompok Batubara Kalori Rendah Cerenti sebagian besar terdiri dari batubara di Provinsi Riau (daratan) yaitu dari daerah Cerenti, Peranap, Pelalawan, Lubuk Jambi dan Kuantan Mudik. Sumber daya batubara daerah Cerenti, Peranap, dan Pelalawan sekitar 1.489,92 juta ton (1,5 milyar ton) ditambah cadangan sekitar 620,48 juta ton, dapat dialokasikan untuk gasifikasi ataupun dicairkan. Demikian juga untuk batubara kalori rendah daerah Lubuk Jambi dan Kuantan Mudik yang mempunyai sumber daya sekitar 43,59 juta ton dialokasikan untuk gasifikasi atau CTL, dengan tempat pengolahannya digabungkan dengan kelompok batubara Cerenti, Peranap dan Pelalawan. Tempat pengolahan di daerah Cerenti ini dipilih karena selain mempunyai sumber daya lebih dari 1 milyar ton, di wilayah ini juga sudah ada sarana penunjang berupa jaringan pipa minyak dan gas.

Provinsi Jambi, yang terletak berbatasan di sebelah selatan dengan

Provinsi Riau, memiliki potensi batubara kalori rendah di dua lokasi yaitu Tanjung Jabung dan Sungai Gedang (Kabupaten Merangin). Sumber daya batubara daerah Tanjung Jabung sekitar 48,88 juta ton, sedangkan daerah Sungai Gedang hanya sekitar 2,25 juta ton. Besarnya sumber daya batubara dari dua lokasi hanya sekitar 50 juta ton, sehingga tidak memungkinkan untuk membangun tempat pengolahan batubara di Jambi. Untuk memperoleh nilai ekonomis maka batubara kalori rendah dari Tanjung Jabung dapat diproses di tempat pengolahan terdekat, yaitu di Cerenti, Provinsi Riau. Namun, batubara dari Sungai Gedang tidak memungkinkan untuk diproses di Cerenti, karena jarak yang terlalu jauh (melalui jalan darat). Lokasi terdekat dari Sungai Gedang yang mempunyai sumber daya batubara dalam jumlah besar adalah Provinsi Sumatera Selatan, sehingga pengolahan batubara Sungai Gedang bisa diangkut ke Provinsi Sumatera Selatan, yaitu ke wilayah Musi Banyuasin.

Provinsi Sumatera Selatan merupakan provinsi dengan potensi batubara terbesar di Sumatera dengan lokasi batubara yang tersebar di beberapa

kabupaten. Batubara kalori rendah di Provinsi Sumatera Selatan terdapat di Kabupaten Musi Banyuasin (MuBa), Kabupaten Muara Enim, Kabupaten Ogan Komering Ulu (OKU), Kabupaten Ogan Komering Ulu Timur (OKUTim) dan Kabupaten Ogan Komering Ilir (OKI). Oleh karena itu batubara kalori rendah di Provinsi Sumatera Selatan dikelompokkan menjadi Kelompok Bayat, Kelompok Sigoyang Benuang, Kelompok Pengadonan Kelompok Tanah Abang dan Pagar Dewa.

Kelompok Bayat terdiri dari batubara kalori rendah di Kabupaten Musi Banyuasin dengan sumber daya batubara sebesar 5.773,98 juta ton (5,7 milyar ton) dan cadangan sebesar 2.821,98 (2,8 milyar ton). Potensi batubara ini terdapat di daerah Bayat, Bentayan, Lubuk Mahang, Bayung Lincir, dan Babat Toman. Batubara di Kabupaten Musi Banyuasin ini dialokasikan untuk gasifikasi ataupun dicairkan. Seperti yang telah diulas sebelumnya, Kelompok Bayat ini juga mendapat tambahan batubara dari daerah Sungai Gedang, Kabupaten Merangin, Provinsi Jambi sebesar 2,25 juta ton. Selain itu, batubara kalori rendah Provinsi Bengkulu, yaitu dari daerah Air Tenang, Kabupaten Bengkulu Utara, juga dapat diangkut ke Bayat, Kabupaten Musi Banyuasin, untuk diolah dengan proses gasifikasi ataupun pencairan. Sumber daya batubara kalori rendah daerah Air Tenang adalah sebesar 21,92 juta ton.

Kelompok Sigoyang Benuang hanya berasal dari dua lokasi batubara di Kabupaten Muara Enim, yaitu Sigoyang Benuang dan Lembak. Walaupun hanya berasal dari dua lokasi, namun potensi batubara kalori rendah daerah Sigoyang Benuang sangat besar dibandingkan daerah lainnya di Sumatera yaitu sumber daya batubara sebesar 9.286,52 juta ton dan cadangan 2.246,83 juta ton, apabila dijumlahkan dengan potensi batubara daerah Lembak, maka Kelompok Sigoyang Benuang ini memiliki sumber daya batubara kalori rendah sebesar 10.121,44 juta ton dengan cadangan sebesar 2.246,83 juta ton. Potensi batubara yang besar ini dialokasikan untuk gasifikasi ataupun dicairkan.

Kelompok Pengadonan yang terletak di Kabupaten Ogan Komering Ulu (OKU) memiliki sumber daya batubara kalori

rendah sebesar 569,86 juta ton dan cadangan sebesar 28,47 juta ton. Batubara ini terdapat di daerah Pengadonan, Tanjung Lubuk, dan Kartanegara. Pemanfaatan batubara kalori rendah di Kabupaten OKU ini dialokasikan untuk gasifikasi ataupun dicairkan. Sama halnya dengan batubara kalori rendah di Kabupaten OKU, batubara kalori rendah di Kabupaten OKU Timur juga dialokasikan untuk gasifikasi ataupun dicairkan. Jumlah sumber daya batubara kalori rendah Kabupaten OKU Timur sekitar 356,80 juta ton yang berasal dari daerah Talang Karangan dan Tanah Abang, Kabupaten OKU Timur.

Batubara kalori rendah dari Kabupaten Ogan Komering Ilir hanya terdapat di daerah Pagar Dewa dengan sumber daya sebesar 329,18 juta ton. Mengingat lokasinya yang dekat ke pantai, maka batubara di daerah ini dapat dialokasikan untuk *upgrading*.

## PENUTUP

Tulisan ini hanya berupa tinjauan yang bersifat umum dengan asumsi-asumsi sederhana dan dititik beratkan pada potensi batubara kalori rendah di Sumatera. Tinjauan ini belum mempertimbangkan aspek-aspek lain seperti misalnya keberadaan air untuk penunjang pabrik pengolahan, kemungkinan besarnya gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang akan dihasilkan pada proses ini, ataupun kajian keekonomisan terkait antara besarnya potensi batubara dengan biaya produksi saat pengolahan. Untuk itu diperlukan kajian lebih lanjut apabila hasil tinjauan ini akan diimplementasikan.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ir. Deddy Amarullah dan Sigit Arso Wibisono, ST. yang telah membantu dalam penyusunan makalah ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Anonim, 2011, Laporan Pemutakhiran Data dan Neraca Energi Fosil Tahun 2011, Pusat Sumber Daya Geologi. Bandung.
- Suprpto, S.J., 2011, Mengejar Nilai Tambah Batubara, Geomagz Vol. 1 No.3-2011, Badan Geologi, Bandung.
- Suprpto, S., 2011, Perkembangan Teknologi Gasifikasi Batubara, bahan presentasi pada Kolokium Pertambangan 2011, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara, Bandung.
- Umar, D.F., 2011, Perkembangan Teknologi Upgrading, bahan presentasi pada Kolokium Pertambangan 2011, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara, Bandung.
- <http://www.tekmira.esdm.go.id/HasilLitbang/?p=377> Pembuatan Reaktor Gasifikasi Batubara Kapasitas 150 kg batubara / jam. Diunduh tanggal 6 November 2012.

Diterima tanggal 10 September 2012 Revisi tanggal 29 Oktober 2012
--

**MASALAH DAN PENANGGULANGAN SEMBURAN GAS  
PADA PENGEBORAN SUMUR BML-1 DAERAH MUARA LAWAI,  
KABUPATEN LAHAT, SUMATERA SELATAN**

**PROBLEMS AND SOLVING OF GAS KICK ON BML-1 DRILL HOLE  
AT MUARA LAWAI, LAHAT AREA, SOUTH SUMATERA**

Oleh:

**Hari Prasetya, Iudhi Oki Prahesthi, Tarsis A. Dinarna**

Pusat Sumber Daya Geologi  
Jl. Soekarno Hatta No. 444 Bandung

**SARI**

Sumur BML-1 merupakan sumur uji potensi GMB (gas metana batubara) di Muara Lawai, Lahat, Provinsi Sumatera Selatan. Pengungkapan potensi GMB ini dilakukan dengan membuat lubang bor secara vertikal hingga kedalaman akhir 504 m. Sumur ini telah menembus satuan batuan yang pada umumnya merupakan perselingan batupasir dan batu lempung dengan beberapa sisipan lapisan batubara. Ketebalan lapisan batubara bervariasi antara 0,5 m hingga 10,3 m, dengan kandungan gas metana (CH<sub>4</sub>) hingga 86,75%. Selama proses pengeboran terdapat beberapa kendala yang dihadapi, salah satunya adalah terjadinya semburan gas. Gas keluar dari kedalaman 319 m dan diduga akibat runtuhnya lapisan batubara ke 9 dengan ketebalan 10 m.

Kata kunci: Sumur BML-1, Muara Lawai, semburan gas, GMB

**ABSTRACT**

*BML-1 is drill hole is a well for exploration of CBM (Coal Bed Methane) gas potential in Muara Lawai, Lahat, South Sumatra Province. Discovery of CBM gas was done by making a hole drilled vertically to a total depth of 504 m. This well encountered the rock units which are generally contain of sandstone and claystone layer with multiple intersect of coal seam. The thickness of the coal seam varies from 0.5 m to 10.3 m, with methane content (CH<sub>4</sub>) up to 86.75%. During the drilling process, several obstacles were encountered, one of which was a gas kick. Gas came from a depth of 315 m and was inferied due to the collapsing of 9th coal seam of 10 m thick.*

*Keywords: Well BML-1, Muara Lawai, gas kick, CBM*

**PENDAHULUAN**

Pengeboran secara sederhana dapat diartikan sebagai suatu kegiatan menembus batuan dengan menggunakan peralatan bor, untuk mendapatkan sampel dan menghasilkan lubang untuk sarana pengujian. Sumur BML-1 berfungsi sebagai sumur pengujian untuk mendapatkan sampel batubara dan data bawah permukaan (*sub surface*) yang meliputi litologi batuan, formasi batubara serta potensi Gas Metan Batubara (GMB) di daerah Lahat.

Secara administratif letak sumur BML-1 berada di Desa Muara Lawai, Kecamatan Merapi Timur, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan atau terletak pada posisi 9595018 E dan 0358959 S dengan elevasi 59 m di atas permukaan laut (Gambar 1).

Lokasi sumur ini berjarak sekitar 250 km ke arah barat daya dari Kota Palembang atau sekitar 20 km ke arah timur laut dari kota Lahat.

Potensi GMB dunia sangat besar yang tersebar terutama di Rusia, Canada, China, Amerika Serikat, Australia, dan Indonesia di urutan keenam (<http://coalbedmethane.wordpress.com/tag/potensi/>). Beberapa Negara telah sukses memproduksi dan memanfaatkan GMB sebagai bahan bakar yang ramah lingkungan karena telah memanfaatkan gas metana yang merupakan salah satu kandungan gas yang dapat menyebabkan kerusakan lapisan ozon apabila menguap bebas. Selain itu dengan pemanfaatan GMB akan meningkatkan keamanan para pekerja

pertambangan batubara lapisan dalam karena akan mengurangi kadar metana yang memiliki sifat mudah terbakar dan beracun sehingga mengganggu pernapasan para pekerja pertambangan.

Indonesia sendiri menurut penelitian *Advance Resource International Inc. (ARII)* bersama dengan Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian Energi & Sumber Daya Mineral memiliki potensi GMB sebesar 453 TCF (*Trillion Cubic Feet*) yang tersebar di sebelas cekungan di Pulau Sumatera, Kalimantan, Jawa dan Sulawesi (<http://coalbedmethane.wordpress.com/tag/potensi/>). Potensi besar GMB Indonesia tersebut hampir setara dengan potensi Gas Bumi Indonesia yaitu sebesar 507 TCF dengan cadangan terbukti sebesar 112 TCF. Hasil produk GMB diproyeksikan akan memenuhi kebutuhan sumber energi Indonesia dan menunjang program

Kebijakan Energi Nasional (KEN) yang tertuang dalam Keputusan Presiden No. 5 tahun 2006 dengan fokus meningkatkan sumber energi baru dan terbarukan serta secara bertahap mengurangi penggunaan dan ketergantungan Minyak dan Gas Bumi sebagai sumber energi Indonesia (<http://coalbedmethane.wordpress.com/tag/potensi/>).

Sedangkan berdasarkan data Bank Dunia, konsentrasi potensi GMB terbesar terletak di Kalimantan dan Sumatera. Di Kalimantan Timur, antara lain tersebar di Kabupaten Berau dengan kandungan sekitar 8,4 TSCF, Pasir/Asem (3 TSCF), Tarakan (17,5 TSCF), dan Kutai (80,4 TSCF). Kabupaten Barito, Kalimantan Tengah (101,6 TSCF). Sementara itu di Sumatera Tengah (52,5 TSCF), Sumatera Selatan (183 TSCF), dan Bengkulu 3,6 TSCF, sisanya terletak di Jatibarang, Jawa Barat (0,8 TSCF) dan Sulawesi (2 TSCF)



**Gambar 1** Peta lokasi kegiatan pengeboran sumur BML-1 Daerah Lahat, Propinsi Sumatera Selatan

(Kompas on Domu Damians Ambarika - 9 Juni 2008).

Pada tahun 2012, Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi, telah melakukan pengeboran uji potensi GMB di daerah Lahat. Selama kegiatan pengeboran telah terjadi beberapa masalah teknis, salah satunya adalah terjadinya semburan gas.

## METODOLOGI

Pengeboran sumur BML-1 sebagai sumur uji potensi GMB dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu: tahapan persiapan peralatan, persiapan lokasi, pelaksanaan pengeboran, dan pengambilan gas. Tahap persiapan peralatan meliputi persiapan bahan dan peralatan untuk pengeboran, yaitu: mesin bor, mesin pompa, bahan pembuat lumpur, bahan bakar, mata bor, suku cadang dan peralatan pendukung lainnya.

Tahapan persiapan lokasi dilakukan di wilayah yang telah di tentukan sebelumnya. Persiapan ini dilakukan untuk penempatan peralatan dan bahan yang akan digunakan dalam pengeboran. Lokasi pengeboran di tentukan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut, yaitu lokasi daerah prospek, kondisi sosial masyarakat, aksesibilitas transportasi, ketersediaan air, dan lain sebagainya.

Tahapan pelaksanaan pengeboran dilakukan dengan pengambilan inti bor secara menerus (*continous coring*) dari permukaan sampai target kedalaman 500 m. Pengeboran ini menggunakan dua seri pipa bor (rod), yaitu HQ (OD: 3.42") dan NQ (OD:2.75"), serta dilakukan pemasangan dua selubung (*casing*), yaitu HW (OD: 4.5") dan NW (OD:3.5") dengan kedalaman masing-masing disesuaikan dengan kondisi formasi lubang sumur.

Pelaksanaan pengambilan gas dilakukan dengan menggunakan *Micro Gas Chromatography* dan dianalisis di laboratorium mobil.

## KRONOLOGI PENGEBORAN

Konstruksi lubang sumur BML-1 ini terdiri dari selubung HW dan selubung NW. *Casing shoe* HW diletakkan pada kedalaman 70,5 m, sedangkan *casing shoe*

NW diletakkan pada kedalaman 327 m dan kemudian dilanjutkan dengan *open hole* NQ sampai kedalaman akhir (TD) 504 m (Gambar 2).

Pada saat pengeboran mencapai kedalaman 295 - 307 m, ada indikasi terjadi runtuh karena tidak ada kemajuan pengeboran dan air pembilas tidak keluar. Pada saat mengangkat *inner tube*, terjadi *core block* yang diatasi dengan mengangkat rangkaian ke permukaan. Rod kembali dimasukkan sampai dasar lubang, dan dilakukan *spulling* lubang bor dari kedalaman 283 - 295 m.

Runtuhan terjadi lagi pada saat pengeboran mencapai kedalaman 307 - 319 m, yang diindikasikan oleh adanya torsi dan putaran rod berat. Hal ini diatasi dengan mencabut rangkaian rod NQ sebanyak 5,5 batang. Setelah dilakukan *spulling tanpa inner tube* ternyata air pembilas tidak keluar, akan tetapi yang keluar adalah gas bertekanan saat sambungan *water swivel* dengan rod dibuka, yang menyebabkan *water swivel* terpental. Setelah itu kegiatan pengeboran dihentikan, dan lubang sumur didiamkan selama sekitar 12 jam untuk menunggu gas keluar sampai habis.

Berdasarkan diskusi tim, untuk mengatasi runtuh, kegiatan dilanjutkan dengan menambah rangkaian selubung NW dari 241-326 m, sesuai dengan hasil diskusi. Setelah itu kegiatan mengebor formasi dilanjutkan sampai dengan kedalaman 504 m tanpa ada hambatan lagi.

## HASIL DAN ANALISIS

Sumur BML-1 telah menembus batuan dengan kedalaman akhir 504 m. Ada 10 lapisan batubara telah diketahui dari sumur ini dengan ketebalan bervariasi antara 0,5 - 10,3 m. Telah terjadi keruntuhan pada saat pengeboran menembus lapisan batubara ke-9 (Gambar 2)

Dari sumur BML-1 diperoleh 60 conto batubara yang dimasukkan ke dalam *canister*. Dari hasil pengukuran kandungan gas tersebut, didapatkan nilai tertinggi kandungan gas dalam batubara terdapat pada kedalaman 200,00 – 200,50 m sebesar 815 cc sedangkan nilai terendah pada kedalaman 178,25 – 178,75 m sebesar 51 cc

(Tabel 1).

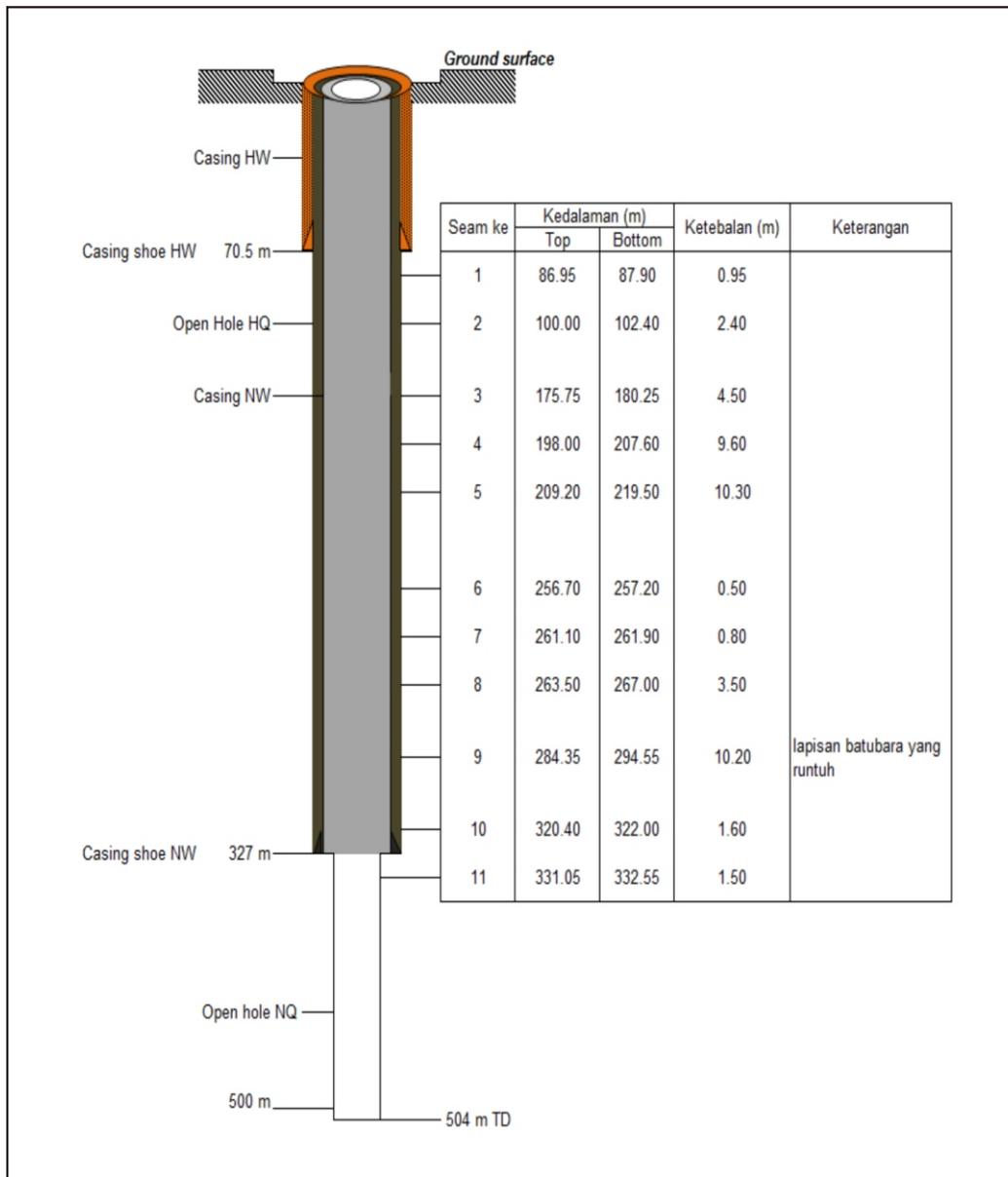
Sedangkan hasil pengukuran nilai komposisi prosentase GMB di Muara Lawai didapatkan nilai prosentase CH<sub>4</sub> tertinggi adalah di kedalaman 201,5 - 202,00 meter yaitu sebesar 86,75 % sedangkan nilai prosentase terkecil adalah di kedalaman 395,00 - 395,50 m yaitu sebesar 0,86 % (Tabel 2).

Dan hasil pengukuran sampel gas bertekanan (*gas kick*) (Gambar 3) didapatkan komposisi prosentase gas yakni 38,36 % H<sub>2</sub>, 43,79 % O<sub>2</sub>, 17,71 % N<sub>2</sub>, 0,03 %

CH<sub>4</sub>, dan 0,01 % CO<sub>2</sub>. Berdasarkan hasil tersebut dapat di analisis bahwa gas bertekanan yang keluar dari sumur BML-1 memiliki sifat yang mudah terbakar. Sehingga harus di antisipasi kemunculannya setiap melakukan pengeboran.

**DISKUSI**

Pada kegiatan pengeboran uji potensi GMB sumur BML-1, terdapat beberapa masalah yang mengganggu kelancaran proses pengeboran. Adapun masalah yang

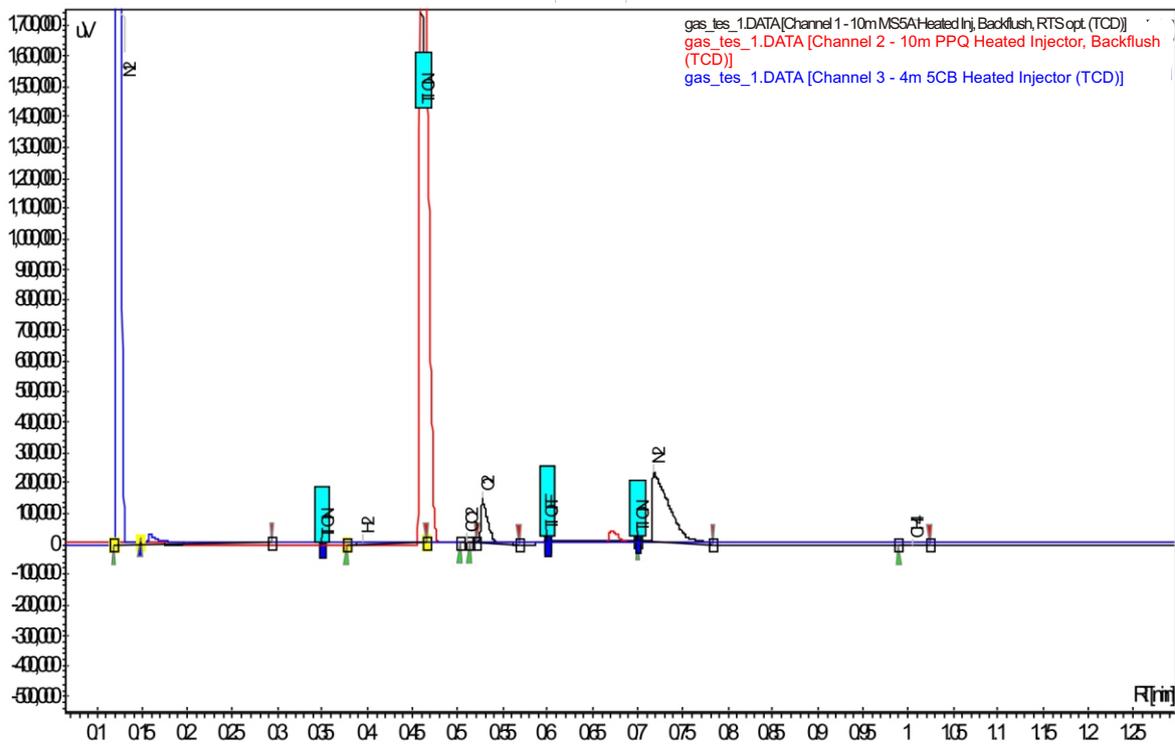


**Gambar 2** Peta lokasi kegiatan pengeboran sumur BML-1 daerah Lahat, Propinsi Sumatera Selatan

**Tabel 1**  
Hasil Pengukuran Volume Gas

No	NOMOR CANISTER	KEDALAMAN (m)		TOTAL VOLUME Q2 (cc)
		DARI	SAMPAI	
1	8	175,75	176,25	100,00
2	9	176,25	176,75	57,00
3	10	176,75	177,25	56,00
4	11	177,25	177,75	97,00
5	12	177,75	178,25	61,00
6	13	178,25	178,75	51,00
7	14	178,75	179,25	68,50
8	15	179,25	179,75	76,50
9	16	200,00	200,50	815,00
10	17	201,00	201,50	659,00
11	18	201,50	202,00	753,00
12	19	202,00	202,50	814,50
13	20	202,50	203,00	644,00
14	21	203,00	203,50	492,00
15	22	203,50	204,00	671,50
16	1	204,50	205,00	539,00
17	5	205,00	205,50	424,50
18	23	205,50	206,00	244,00
19	6	206,00	206,50	194,50
20	4	206,50	207,00	314,50
21	25	207,00	207,50	237,00
22	7	209,20	209,70	404,50
23	2	209,70	210,20	356,50
24	35	210,20	210,70	282,00
25	31	211,00	211,50	270,00
26	33	211,50	212,00	293,50
27	28	212,00	212,50	198,00
28	34	213,00	213,40	250,50
29	29	215,60	216,00	275,00
30	26	216,00	216,50	369,50
31	30	218,00	218,50	313,50
32	27	221,00	221,50	223,00
33	32	225,60	226,10	255,00
34	41	226,10	226,60	205,50
35	42	226,60	227,10	207,50
36	43	261,10	261,60	472,50
37	44	263,50	264,00	329,50
38	36	264,00	264,50	513,50
39	38	264,50	265,00	489,50
40	40	265,00	265,50	431,50
41	39	284,35	284,85	413,00
42	45	284,85	285,35	303,00
43	46	285,35	285,85	291,50
44	47	285,85	286,35	444,50

No	NOMOR CANISTER	KEDALAMAN (m)		TOTAL VOLUME Q2(cc)
		DARI	SAMPAI	
45	48	286,35	286,85	502,50
46	49	286,85	287,35	676,50
47	50	287,35	287,85	490,00
48	51	290,00	290,50	524,50
49	52	292,00	292,50	664,50
50	53	292,50	293,00	494,50
51	54	293,00	293,50	650,50
52	56	320,40	320,90	365,50
53	58	320,90	321,40	402,50
54	59	331,50	332,00	90,00
55	60	332,00	332,50	86,00
56	61	332,50	333,00	89,50
57	37	264,00	264,50	266,00
58	62	388,50	389,00	68,50
59	64	394,50	395,00	54,00
60	65	395,00	395,50	69,00



Gambar 3 Kurva hasil pengukuran sampel gas bertekanan dengan alat Micro GC

**Tabel 2**  
 Hasil Pengukuran Komposisi Prosentase Gas (%)

No	NOMOR CANISTER	KEDALAMAN (m)	KOMPONEN GAS (% vol)							KETERANGAN
			H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	Total	
1	8	175,75 - 176,25	0,00	28,23	65,18	6,14	0,00	0,43	99,98	
2	9	176,25 - 176,75	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	0,00	VOLUME = 0
3	10	176,75 - 177,25	0,00	34,06	64,46	1,14	0,00	0,33	99,99	
4	11	177,25 - 177,75	0,00	20,42	71,31	7,94	0,00	0,32	99,99	
5	12	177,75 - 178,25	0,00	21,53	69,39	8,72	0,00	0,35	99,99	
6	13	178,25 - 178,75	0,00	25,73	64,55	9,40	0,00	0,33	100,01	
7	14	178,75 - 179,25	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	0,00	VOLUME = 0
8	15	179,25 - 179,75	0,00	31,24	64,81	3,61	0,00	0,35	100,01	
9	16	200,00 - 200,50	4,15	0,25	11,06	80,43	0,54	3,58	100,01	
10	17	201,00 - 201,50	0,00	21,96	42,66	34,87	0,00	0,50	99,99	
11	18	201,50 - 202,00	0,00	0,33	11,16	86,75	0,00	1,76	100,00	
12	19	202,00 - 202,50	0,00	8,49	43,80	47,42	0,00	0,30	100,01	
13	20	202,50 - 203,00	0,00	26,31	46,69	26,64	0,00	0,36	100,00	
14	21	203,00 - 203,50	0,00	23,48	48,43	27,77	0,00	0,32	100,00	
15	22	203,50 - 204,00	0,00	13,91	37,31	48,18	0,00	1,78	101,18	
16	1	204,50 - 205,00	0,00	10,72	46,83	42,26	0,00	0,18	99,99	
17	5	205,00 - 205,50	1,03	3,34	59,40	36,06	0,00	0,18	100,01	
18	23	205,50 - 206,00	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	0,00	VOLUME = 0
19	6	206,00 - 206,50	0,00	29,91	47,02	22,77	0,00	0,30	100,00	
20	4	206,50 - 207,00	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	0,00	VOLUME = 0
21	25	207,00 - 207,50	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	0,00	VOLUME = 0
22	7	209,20 - 209,70	0,00	22,34	54,22	23,25	0,00	0,20	100,01	
23	2	209,70 - 210,20	0,00	22,99	55,07	21,65	0,00	0,29	100,00	
24	35	210,20 - 210,70	0,00	23,10	48,60	28,04	0,00	0,26	100,00	
25	31	211,00 - 211,50	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	0,00	VOLUME = 0
26	33	211,50 - 212,00	0,00	33,15	53,30	13,38	0,00	0,18	100,01	
27	28	212,00 - 212,50	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	0,00	VOLUME = 0
28	34	213,00 - 213,50	0,00	23,41	63,88	12,41	0,00	0,29	99,99	
29	29	215,60 - 216,00	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	0,00	VOLUME = 0
30	26	216,00 - 216,50	0,00	17,29	52,29	30,04	0,00	0,36	99,98	
31	30	218,00 - 218,50	0,00	26,63	50,31	22,71	0,00	0,36	100,01	
32	27	221,00 - 221,50	0,00	22,76	53,10	23,77	0,00	0,36	99,99	
33	32	225,60 - 226,10	0,00	12,00	76,28	11,49	0,00	0,23	100,00	
34	41	226,10 - 226,60	0,00	23,83	71,00	4,90	0,00	0,27	100,00	
35	42	226,60 - 227,10	0,00	15,88	67,67	16,13	0,00	0,33	100,01	
36	43	261,10 - 261,60	1,54	5,92	51,02	41,18	0,00	0,34	100,00	
37	44	263,50 - 264,00	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	0,00	VOLUME = 0
38	36	264,00 - 264,50	0,00	21,58	58,20	19,98	0,00	0,23	99,99	
39	38	264,50 - 265,00	0,00	13,17	44,51	42,04	0,00	0,28	100,00	
40	40	265,00 - 265,50	0,00	12,39	68,47	18,84	0,00	0,30	100,00	
41	39	284,35 - 284,85	0,97	20,55	47,19	28,93	0,70	1,66	100,00	
42	45	284,85 - 285,35	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	0,00	VOLUME = 0
43	46	285,35 - 285,85	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	0,00	VOLUME = 0
44	47	285,85 - 286,35	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	0,00	VOLUME = 0
45	48	286,35 - 286,85	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	0,00	VOLUME = 0

tabel 2 lanjutan

No	NOMOR CANISTER	KEDALAMAN (m)	KOMPONEN GAS (% vol)							KETERANGAN
			H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	Total	
46	49	286,85 - 287,35	0,00	20,41	46,52	32,23	0,00	0,84	100,00	
47	50	287,35 - 287,85	0,00	20,26	51,44	27,70	0,00	0,60	100,00	
48	51	290,00 - 290,50	0,00	21,29	54,21	23,91	0,00	0,59	100,00	
49	52	292,00 - 292,50	0,00	32,86	43,12	23,33	0,00	0,68	99,99	
50	53	292,50 - 293,00	0,00	23,43	40,33	34,71	0,00	1,53	100,00	
51	54	293,00 - 293,50	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	0,00	VOLUME = 0
52	56	320,40 - 320,90	0,00	12,06	39,08	48,01	0,00	0,85	100,00	
53	58	320,90 - 321,40	0,00	3,66	31,39	64,69	0,00	0,25	99,99	
54	59	331,50 - 332,00	0,00	19,93	60,94	18,57	0,00	0,56	100,00	
55	60	332,00 - 333,00	0,00	12,62	66,68	20,24	0,00	0,46	100,00	
56	61	332,50 - 332,50	0,00	20,43	60,43	18,77	0,00	0,36	99,99	
57	37	264,00 - 264,50	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	NO SAMPLE	0,00	VOLUME = 0
58	62	388,50 - 389,00	0,00	24,83	71,32	3,36	0,00	0,49	100,00	
59	64	394,50 - 395,00	0,00	25,78	68,44	5,43	0,00	0,37	100,02	
60	65	395,00 - 395,50	0,00	28,27	70,45	0,86	0,00	0,42	100,00	

dianggap serius adalah keluarnya gas bertekanan pada kedalaman 319 m. Namun demikian kegiatan pengeboran tetap harus dilanjutkan mengingat target kedalaman adalah 500 m dan kondisi gas tidak keluar lagi setelah lubang sumur didiamkan selama 12 jam.

Setelah mengamati kronologi pengeboran dari kedalaman 283 - 319 m, diperkirakan gas bertekanan keluar akibat dari runtuhnya lapisan batubara dengan ketebalan 10 m (kedalaman 284,35 - 294,55 m). Keluarnya gas diawali dengan kondisi lumpur yang sudah jenuh dengan serbuk bor (*cutting*), diikuti oleh tidak majunya pipa bor, karena adanya jepitan dari runtuh batu bara, kemudian air pembilas tidak keluar (*loss circulation*), dan setelah pipa diangkat 6 batang gas mulai keluar.

Cara menanggulangi kejadian tersebut dengan memasukkan bola-bola bentonit ke dalam lubang sumur dan didiamkan sekitar 12 jam guna mengetahui apakah gas masih keluar secara kontinyu atau tidak. Setelah gas berhenti keluar, fokus pemecahan masalah pada runtuhnya lubang, yaitu dengan pemasangan selubung NW sampai dengan kedalaman 327 m.

Dalam kegiatan pengeboran, tidak akan luput dari permasalahan yang dapat

mengurangi kelancaran atau bahkan dapat menghentikan kegiatan pengeboran tersebut sebelum waktunya. Oleh karena itu diperlukan perencanaan yang matang (*drilling optimization*) sebelum melakukan pengeboran, agar dapat meminimalisasikan permasalahan yang akan menghambat proses pengeboran.

**KESIMPULAN**

Pengeboran sumur BML-01 telah menembus batuan sedimen dengan sisipan lapisan batubara dengan kedalaman akhir terukur 504 m. Dalam pengeboran ini ditemukan 11 lapisan batubara dengan ketebalan bervariasi antara 0,5 m - 10 m .

Gas yang keluar (*gas kick*) di kedalaman 319 m pada sumur BML-01 diduga merupakan efek dari runtuhnya lapisan batubara ke-9 dengan ketebalan 10 m.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Ir. Kasbani M.Sc. atas masukan, koreksi dan saran-sarannya. Juga kepada Tim Kegiatan GMB Lahat, sehingga makalah ini dapat diselesaikan.

**DAFTAR PUSTAKA**

Anonim, 2012a. Hasil Kegiatan Pengukuran Gas CBM Di Daerah Muara Lawai Kecamatan Merapi Timur, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan, Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.

Anonim, 2012b, Pengeboran Potensi CBM Daerah Muara Lawai Sumur BML-1, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan, Laporan, Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.

Cahyono, E. B., 2011, Pengeboran Dalam Batubara dan Pengukuran Kandungan Gas Metan Batubara Di Daerah Bukit Sibantar, Kecamatan Talawi. Provinsi Sumatera Barat, tidak dipublikasikan, Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.

Ibrahim, D., Wibowo S. A., 2009, Pengeboran Dalam Batubara Dan Pengukuran Kandungan Gas Di Daerah Kabupaten Muaraenim Provinsi Sumatera Selatan, Prosiding Kolokium, Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.

Kartasumantri, N. S., 1998, Eksplorasi Endapan Batubara Di Daerah Bungamas, Kabupaten Lahat Propinsi Sumatera Selatan, Prosiding Kolokium, Direktorat Sumber Daya Mineral, Bandung.

Pujobroto, A., 1999, Pengkajian Cekungan Batubara Di Daerah Muaralaktan, Kabupaten Musirawas, Provinsi Sumatera Selatan, Prosiding Kolokium, Direktorat Sumber Daya Mineral, Bandung.

<http://www.bpmigas.go.id/blog/2012/04/09/kesalahan-persepsi-dan-potensi-energi-di-indonesia/>. .  
*Kesalahan persepsi dan potensi energi di indonesia.*

<http://www.investor.co.id/energy/eksplorasi-cbm-dapat-perlakuan-istimewa/34313>. *Eksplorasi cbm dapat perlakuan istimewa.*

Diterima tanggal 10 September 2012 Revisi tanggal 29 Oktober 2012
--

**PAPARAN MERKURI DI DAERAH PERTAMBANGAN EMAS RAKYAT CISOKA,  
KABUPATEN LEBAK, PROVINSI BANTEN: SUATU TINJAUAN GEOLOGI MEDIS**

***EXPOSURE OF MERCURY AT CISOKA LOCAL PEOPLE GOLD MINING AREA  
IN LEBAK REGENCY, BANTEN : A REVIEW OF MEDICAL GEOLOGY***

Oleh:

**Lia Novalia Agung dan Raharjo Hutamadi**

Pusat Sumber Daya Geologi  
Jl. Soekarno Hatta No. 444 Bandung

**SARI**

Cisoka merupakan daerah pertambangan emas rakyat tradisional. Pengolahan bijih emas dilakukan secara amalgamasi, dengan menggunakan mesin gelundung yang tersebar di beberapa tempat, yaitu di hulu Cisoka, Ciupih, Lebak Situ, Gunung Julang, Ciladaeun dan di sekitar Muara. Hasil penelitian geologi medis mengindikasikan bahwa paparan merkuri tidak hanya pada media air dan tanah, tetapi juga pada *biomarker* seperti tanaman pangan, sayuran dan rambut walaupun rata-rata masih di bawah baku mutu. Namun demikian pada ikan dan urin, sudah ada yang melebihi nilai baku mutu. Adanya paparan merkuri di daerah Cisoka pada media lingkungan dan *biomarker* (ikan dan urin) tersebut, kemungkinan terjadi akibat dampak aktivitas pertambangan rakyat. Meskipun demikian, perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut dengan jumlah conto yang lebih representatif, sehingga hasilnya akan lebih akurat.

Kata kunci: amalgamasi, geologi medis, paparan merkuri, biomarker.

**ABSTRACT**

*Cisoka known as an area of local people traditional gold mining. Gold ores are processed using amalgamation method, which are called "gelundung" and scattered in a few places, at the upstream Cisoka, Ciupih, Situ Lebak, Gunung Julang, Ciladaeun and around Muara. The result of medical geology research indicates that exposure of mercury is not only on the medium of water and soil, but also on biomarkers such as food crops, vegetables and hair which is still below the standard limit. However, in fish and urine which exceed the existing standatd limit. The exposure of mercury in Cisoka's area spread on the environment and biomarkers (fish and urine), as the impact of local people traditional gold mining activities. However, it need to do further research with more representative number of samples, so the results will be more accurate.*

*Key words: amalgamation, medical geology, exposure of mercury, biomarker.*

**PENDAHULUAN**

Penyelidikan pendataan sebaran unsur merkuri di daerah Cisoka telah dilakukan oleh Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral (Anonim, 2005). Hasil penyelidikan memperoleh kisaran nilai unsur merkuri (Hg) dalam endapan sedimen sungai antara 268–1026 ppb, dan di air sungai <0,005 ppb. Selain itu ditemukan juga gejala (indikasi) yang menunjukkan adanya pencemaran lingkungan yang diakibatkan dari aktivitas pertambangan rakyat.

Penelitian tentang sebaran merkuri di daerah ini dilakukan kembali oleh Pusat

Sumber Daya Geologi (Anonim, 2011a), dalam penelitian yang berkaitan dengan geologi medis. Hasil penelitian menunjukkan kisaran nilai Hg dalam endapan sedimen sungai antara 368-27700 ppb dan di air sungai 0,00001-0,0365 ppm. Hasil penelitian menunjukkan adanya penambahan kandungan Hg yang terpapar dalam sedimen dan air sungai.

Geologi medis yaitu penggabungan ilmu geologi dan kesehatan yang menitikberatkan pada penelitian unsur-unsur/mineral berbahaya yang dapat

berdampak bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat. Di negara-negara lain seperti Iran, Tajikistan, dan India, penelitian tentang geologi medis sudah berlangsung beberapa dekade terakhir. Langkah awal kerjasama Badan Geologi dengan Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan (Balitbangkes), yaitu melakukan uji petik penelitian geologi medis di daerah pertambangan rakyat Cisoka, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten.

Tulisan ini merupakan tinjauan dari berbagai hasil penelitian yang terkait mengenai keterpaparan merkuri dalam air, tanah dan *biomarker* (beras, sayuran, ikan, rambut dan urin) di wilayah pertambangan yang diakibatkan oleh penggunaan merkuri dalam pengolahan emas di daerah pertambangan Cisoka. Paparan merkuri di lingkungan berkemungkinan mempengaruhi kesehatan masyarakat di daerah tersebut.

Daerah Cisoka secara administratif termasuk ke dalam Kabupaten Lebak, Provinsi Banten. Secara geografi dibatasi oleh 106° 22' 00" – 106° 28' 00" BT dan 6° 33' 00" - 6° 40' 00" LS (Gambar 1).

**GEOLOGI MEDIS**

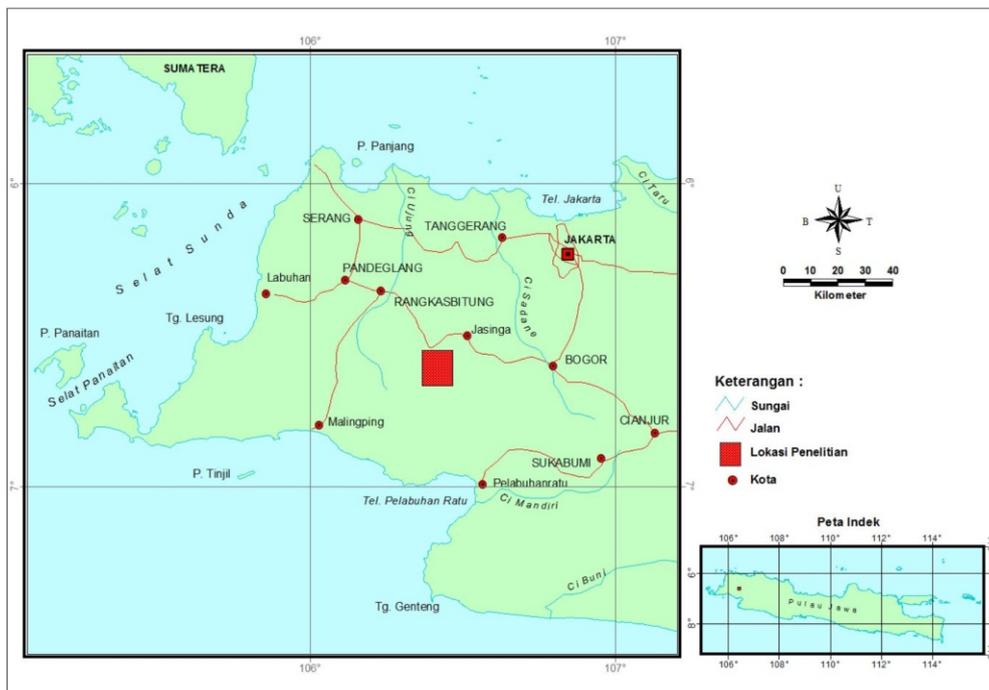
Geologi medis merupakan gabungan

antara ilmu geologi dengan ilmu kesehatan masyarakat, keberadaan cabang ilmu ini didasari oleh kesadaran untuk memperoleh kesehatan dan kehidupan yang lebih baik (Sukandarrumidi, 2006).

Kondisi geologi di setiap daerah berbeda baik tipe dan komposisi batuan maupun kandungan unsur mineralnya. Apabila tersingkap di permukaan bumi akibat proses geologi atau aktivitas pertambangan, komposisi unsur tersebut dapat bereaksi dengan udara, air serta terlarut akan mengalami perubahan komposisi kimianya.

Hasil proses tersebut dapat menghasilkan unsur-unsur kimia beracun/berbahaya yang masuk ke dalam sistem air atau yang terurai di dalam tanah, kemudian terserap tanaman, hewan dan ke manusia. Bahkan produk material yang berukuran halus (debu, asap) dapat terserap lewat pernafasan.

Kasus-kasus yang timbul akibat unsur beracun ini: keracunan As pada air tanah akan menimbulkan *arsenicosis*, kulit luka, *skin ceratosis hyper pigmentation*. Flourida yang selama ini dianggap baik untuk gigi, ternyata berbagai penelitian menunjukkan fakta sebaliknya antara lain gigi keropos, penuaan dini, aborsi spontan, tulang rapuh, dan kanker (Bunnell *et al*, 2007).



Gambar 1. Peta lokasi Daerah Cisoka, Kab. Lebak, Provinsi Banten

Geologi medis atau geomedika (Parwata, 2008) merupakan kajian efek bahan-bahan dan proses geologi pada manusia, binatang dan tanaman terhadap kesehatan, baik yang positif maupun negatif. Dalam penulisan ini, geologi medis yang dibahas berhubungan dengan dampak negatif terhadap kesehatan/penyakit.

Paradigma kejadian penyakit menurut Achmadi (2005) dalam Inswiasri (2008) dan Anies (2006), terdapat dalam 4 simpul, yaitu simpul 1 merupakan sumber penyakit, simpul 2 komponen lingkungan yang merupakan media transmisi penyakit, simpul 3 penduduk dengan berbagai variabel kependudukan, dan simpul 4 penduduk dalam keadaan sehat dan sakit setelah mengalami interaksi dengan komponen lingkungan yang mengandung *agent* penyakit. Skema kejadian penyakit dapat dilihat seperti pada Gambar 2.

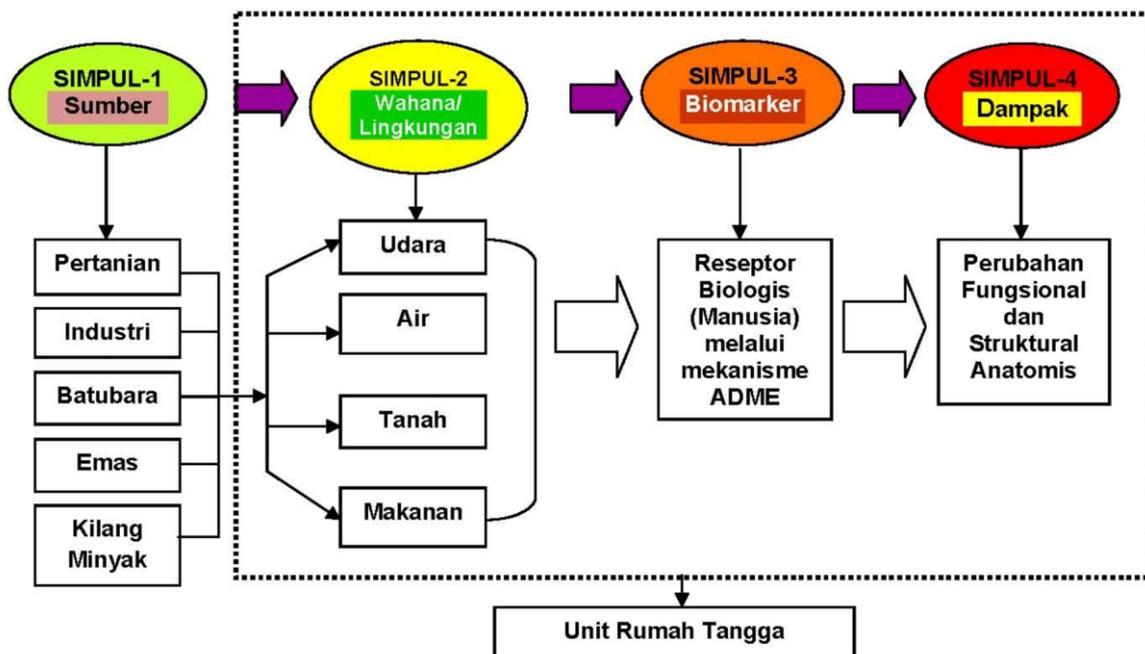
Berdasarkan simpul tersebut, dalam rangka kerjasama geologi medis antara Badan Geologi dan Balitbangkes, peran Badan Geologi berada pada simpul 1 dan 2 yaitu sumber penyakit akibat sebaran unsur-unsur kimia beracun/berbahaya yang diakibatkan proses geologi baik alami maupun aktifitas manusia berupa gas,

cairan dan zat padat. Contohnya seperti material keluaran gunung api dan material limbah akibat penambangan dan pengolahan mineral yang dapat berdampak terhadap kesehatan lingkungan dan masyarakat. Sedangkan peran Balitbangkes berada pada simpul 3 dan 4 yaitu pajanan/penyakitnya.

**PERTAMBANGAN CISOKA**

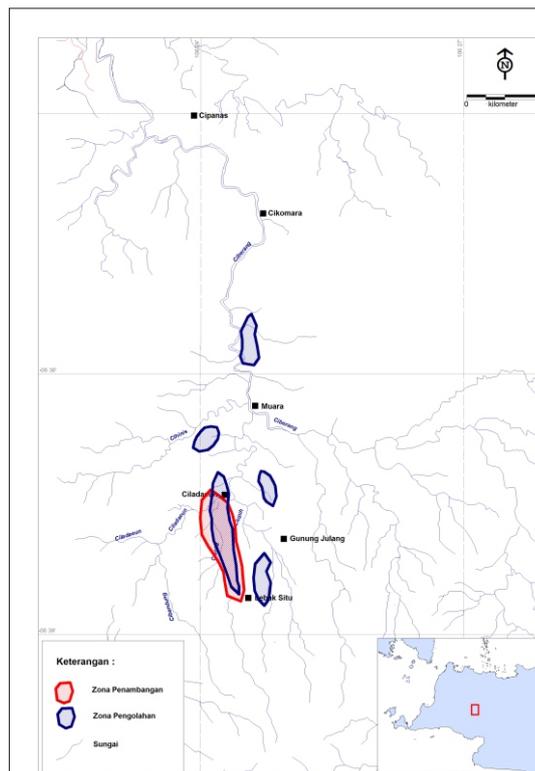
Cisoka sebagian besar merupakan wilayah pertambangan rakyat tradisional tanpa izin (PETI) emas yang menerapkan sistem penambangan bawah tanah berupa adit/terowongan dengan kedalaman <100 m. Jumlah penambang yang bekerja pada satu terowongan (masyarakat menyebutnya lubang) rata - rata 35 orang per lubang. Para penambang ini sebagian berasal dari masyarakat luar seperti dari Bengkulu, Tasikmalaya, Bogor dan Garut. Lokasi penambangan dilakukan di sepanjang urat Cisoka yang terletak di tebing bagian kanan Sungai Cisoka (Gambar 3).

Pengolahan emas pada umumnya dilakukan secara amalgamasi, dengan menggunakan mesin gelundung di sepanjang aliran sungai, di dekat rumah atau di halaman rumah, dengan banyaknya



Sumber : Hananto (2012) dalam presentasi riset khusus pencemaran lingkungan

**Gambar 2. Paradigma Kejadian Penyakit**



Sumber : Anonim (2011)

**Gambar 3.** Peta lokasi zona penambangan dan pengolahan daerah Cisoka

gelundung antara 4-20 buah. Lokasi pengolahan tersebar di beberapa tempat, yaitu di hulu Cisoka, Ciupih, Lebak Situ, Gunung Julang, Ciladaeun dan di sekitar Muhara.

Pada tahun 2005 jumlah penambang dan pengolah diperkirakan 50 orang pelaku usaha (Anonim, 2005) dan mengalami peningkatan pada tahun 2011 dengan perkiraan ± 300 orang (Anonim, 2011a).

**METODOLOGI**

Metodologi yang digunakan dalam penulisan ini yaitu studi literatur yang berkaitan dengan sebaran merkuri dan geologi medis, baik literatur penelitian yang dilakukan di dalam maupun di luar negeri. Disamping itu juga dilakukan perbandingan hasil dan analisis terhadap hasil penelitian terdahulu, antara lain:

- a) Hasil pengambilan data primer berupa conto air dari hasil penyelidikan Anonim (2005) dengan hasil penelitian Anonim (2011a) dan baku mutu air menurut PP No. 82 Tahun 2001.

- b) Hasil pengambilan data primer tanah dari hasil penelitian Anonim (2011a) dengan baku mutu tanah dari *British Columbia Ministry of Environment* (1995) dan *British Columbia Ministry of Environment* (1989).
- c) Hasil uji petik berupa *biomarker* tanaman pangan, tanaman sayuran dan ikan dengan SNI 7387 Tahun 2009.
- d) Hasil uji petik rambut dengan hasil penelitian Chamid, dkk. (2010).
- e) Hasil uji petik urin dengan hasil penelitian Inswiasri (2008).

**HASIL PENELITIAN**

Hasil pemeriksaan conto air, tanah dan *biomarker* seperti data pada Tabel 1 yang merupakan gabungan hasil analisis conto air dari penelitian Anonim (2005), hasil analisis conto air dan tanah dari penelitian Anonim (2011), serta hasil analisis conto beras, sayuran, ikan, rambut dan urin dari uji petik geologi medis Anonim (2011b). Hasil-hasil pemeriksaan conto beras, sayuran, ikan dan urin dapat dilihat pada Gambar 9 dan 10.

Tabel 1.  
Kadar Hg dari berbagai jenis conto

No.	Jenis conto	Jumlah conto	Kadar Hg (ppm)		Standar (ppm)	Hasil Penelitian
			Kisaran	Rata-rata		
1	Air Sungai	38	$< 0,05 \cdot 10^{-3}$	$< 0,05 \cdot 10^{-3}$	0,001	Herman, dkk (2005)
		17	0-0,0365	0,00392		Gunradi, dkk (2011)
2	Tanah	11	0,146-16,600	5,709	< 2	Gunradi, dkk (2011)
3	Beras	3	< 0,062	< 0,062	0,05	Uji Petik Geologi Medis dalam Anonim (2011a)
4	Sayuran	15	< 0,062	< 0,062	0,03	Uji Petik Geologi Medis dalam Anonim (2011a)
5	Ikan	4	0,16 – 0,90	0,5175	0,5	Uji Petik Geologi Medis dalam Anonim (2011a)
6	Rambut	19	< 0,248	< 0,248	< 50	Uji Petik Geologi Medis dalam Anonim (2011a)
7	Urin	20	0,1285 – 89,33	15,733	35	Uji Petik Geologi Medis dalam Anonim (2011a)

## PEMBAHASAN

Berdasarkan Tabel 1, kondisi air sungai di wilayah pertambangan Cisoka pada tahun 2005 ( $< 0,05 \cdot 10^{-3}$  ppm Hg), berada di bawah baku mutu air menurut Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 ( $< 0,001$  ppm), sedangkan pada tahun 2011, kadar Hg rata-rata berada di atas baku mutu air yaitu 0,00392 ppm. Kondisi ini kemungkinan diakibatkan oleh aktivitas pertambangan rakyat yang jumlahnya semakin banyak apabila dibandingkan tahun 2005.

Jumlah conto air sebanyak 17 titik penyontohan, 3 titik diantaranya memiliki kandungan Hg  $> 0,001$  ppm yaitu CBR 01A, CBR 07A dan CBR 21A (Gambar 4). Pada CBR 01A yang berada di daerah Hulu Sungai Cisoka, memiliki kadar Hg sebesar 0,0027 ppm, CBR 07A (0,0365 ppm) berada di daerah aliran Sungai Cikuluwung dan CBR 21A (0,02679 ppm) berada di daerah aliran Sungai Ciupih (Gambar 4).

Tingginya kadar Hg CBR 07A dan CBR 21A kemungkinan karena banyaknya pengolahan yang menggunakan merkuri, juga pengolahan *tailing* bekas amalgamasi dengan menggunakan sianida dan membuang limbahnya ke badan sungai ini. Pengolahan emas dengan sianidasi sudah banyak dilakukan di daerah Lebak Situ dan Lebak Tenjo. Air sungai di daerah ini

digunakan untuk mengairi sawah dan kolam-kolam budidaya ikan.

Daerah Muara yang terletak di daerah hilir dari wilayah pertambangan Cisoka dan dialiri Sungai Ciberang. Sungai ini digunakan oleh masyarakat sebagai sarana mandi cuci kakus. Air Sungai Ciberang memiliki kadar Hg 0,00001 ppm pada CBR 29A (Gambar 5). Di daerah Muara ini merupakan pertemuan aliran Sungai Ciberang Hulu dan Sungai Ciladaeun. Di Sungai Ciberang Hulu kadar Hg 0 ppm pada CBR 27A dan di Sungai Ciladaeun kadar Hg 0,00002 ppm pada CBR 25A. Hal ini menunjukkan adanya penetralan kadar Hg dalam air dari Sungai Ciberang Hulu sehingga kadar Hg di daerah Muara (CBR 29A) semakin berkurang bahkan ke arah hilir yaitu 0 ppm pada titik CBR 31A (Gambar 4).

Indonesia belum memiliki baku mutu kandungan merkuri dan logam berat lainnya di tanah dan sedimen, karena itu dalam penulisan ini batasan atau acuan yang digunakan adalah kriteria tanah dalam angka menurut *British Columbia Ministry of Environment* (1995) pada Tabel 2 dan *British Columbia Ministry of Environment* (1989) pada Tabel 3.

Hasil penelitian Anonim (2011a) kandungan Hg di tanah rata-rata yaitu 5,709 ppm, berdasarkan Tabel 2 sudah berada di atas baku mutu untuk daerah pertanian dan





**Gambar 5.** Sungai Ciberang di daerah Muara digunakan masyarakat untuk kegiatan MCK

**Tabel 2.**  
Kriteria Tanah dalam Angka

Kolom I	Kolom II	Kolom III	Kolom IV	Kolom V	Kolom VI
Zat	Pertanian	Pertamanan	Pemukiman	Komersial	Industri
Merkuri (ppm)	0,8	2	2	10	10

Sumber : British Columbia Ministry of Environment (1995)

**Tabel 3.**  
Konsentrasi merkuri dalam tanah dan sedimen  
(berlaku di Inggris dan Canada)

No.	Nilai Hg (ppm)	Keterangan
1.	< 0.1	Pada umumnya ditemukan secara alamiah dalam tanah organik.
2.	0.1 – 2.0	Tanah telah sedikit terkontaminasi, namun site remediasi belum dibutuhkan.
3.	2.0 – 10.0	Tanah atau sedimen telah terkontaminasi dan diperlukan tindakan remediasi sampai level < 2.0 ppm bila lahan diperuntukan untuk pemukiman dan rekreasi. Remediasi tidak perlu bila lahan diperuntukan sebagai lahan komersial dan industri.
4.	> 10.0	Tanah telah terkontaminasi secara signifikan, maka semua peruntukan lahan akan ditunda sampai tindakan site remediasi dilakukan sehingga konsentrasi Hg mencapai <10.0 ppm

Sumber : British Columbia Ministry of Environment (1989)

pemukiman. Menurut *British Columbia Ministry of Environment* (1989), nilai tersebut sudah menunjukkan perlunya dilakukan tindakan remediasi, apalagi wilayah pertambangan Cisoka merupakan daerah untuk pertanian dan pemukiman (Tabel 3).

Kadar Hg di Tanah dengan nilai >10 ppm berada di sekitar daerah pengolahan yang aktif dan dengan jumlah gelundung yang banyak yaitu di Kampung Cisoka (CBR 01T dan CBR 03T), Lebak Sampay (CBR 06T) dan di Muara (CBR 11T) terlihat pada Gambar 6.

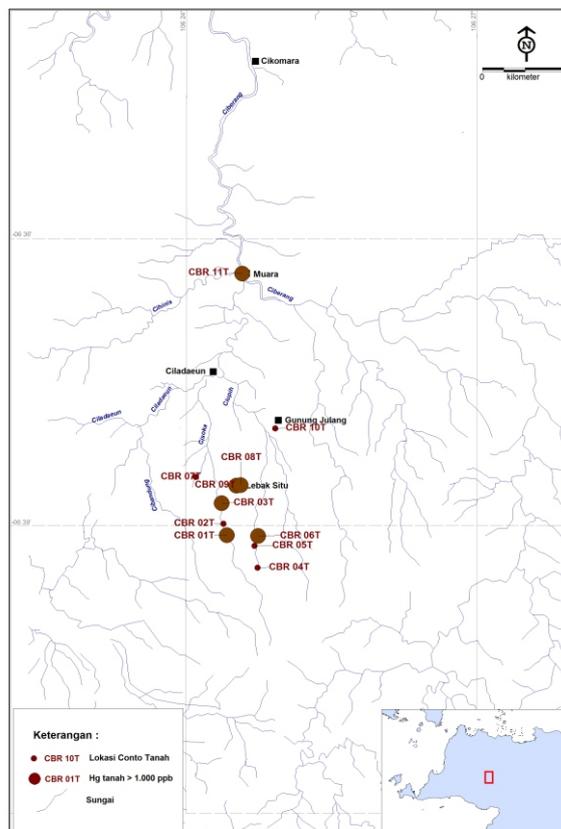
Lokasi CBR 01T (14,2 ppm Hg) merupakan daerah yang dahulunya tempat pembuangan *tailing* dan kemudian ditanami cabai merah, cabai rawit, talas dan tomat. CBR 06T (10,6 ppm Hg) merupakan sawah yang juga bekas timbunan *tailing* dan saat ini digali kembali untuk diolah dengan cara sianidasi, pengolahan ini dilakukan di sekitar daerah tersebut dan ada juga yang dilakukan di daerah lain (Gambar 7 dan 8). CBR 11T (16,6 ppm Hg) merupakan daerah

pemukiman padat penduduk yang masyarakatnya sebagian besar menggunakan rumahnya sebagai tempat pengolahan dan penggarangan emas.

Tingginya kadar merkuri dalam tanah ini berpotensi menjadi penyebab pencemaran pada air sumur dan air sungai yang akan terserap oleh tumbuhan dan hewan air (seperti ikan), dan akhirnya dapat terakumulasi pada tubuh manusia.

Hasil analisis conto bahan-bahan makanan berupa beras, sayuran dan ikan yang memiliki nilai Hg lebih dari batas maksimum Hg dalam SNI 7387 (2009) yaitu ikan, dengan kadar rata-rata 0,5175 ppm. Dari empat conto ikan yang diambil, dua diantaranya mengandung Hg 0,650 dan 0,900 ppm yang diperoleh dari Kampung Lebak Tenjo, Desa Lebak Situ, Kecamatan Lebak Gedong (Gambar 9). Tingginya kadar Hg tersebut sangat berbahaya, karena kadar total Hg dalam ikan sama dengan kadar metilmerkuri (MeHg) dalam ikan (Anonim, 2011b).

Tujuan pengukuran merkuri pada



Sumber : Anonim (2011)

**Gambar 6.** Peta lokasi conto dan anomali unsur Hg dalam tanah Daerah Cisoka, Kab. Lebak, Provinsi Banten



**Gambar 7.** Lokasi conto tanah (CBR 06T) di Lebak Sampay, Desa Lebak Situ, Kecamatan Lebak Gedong

pajanan merkuri dalam tubuh manusia. Cara ini merupakan pengukuran yang akurat seperti halnya pengukuran pada darah dan air susu ibu (Kathryn, 2005; Grajean et al, 2005; Tsuji, 2003; Thomas, 2002). *National Institute for Minamata Disease (NIMB)* menyatakan bahwa konsentrasi MeHg tertinggi dalam tubuh manusia terakumulasi pada rambut dan menurut *United States Environmental Protection Agency (US EPA)* kadar dalam rambut (mg/g) rata-rata 250 kali kadar dalam darah (mg/mL) (Chamid, dkk, 2010). Pengujian urin dilakukan untuk mengetahui paparan merkuri yang kronis Hg<sup>0</sup> (merkuri metal atau elemental merkuri) dalam tubuh (Tsuji, 2003).

Hasil conto rambut dan urin berjumlah 19 orang yang berasal dari Kampung Lebak Tenjo, Desa Lebak Situ, dan Kampung Muara, Desa Ciladaeun, Kecamatan Lebak Gedong. Hasil analisis Hg pada rambut menunjukkan angka rata-rata <0,248 ppm. Angka tersebut masih jauh berada pada ambang batas konsentrasi merkuri yang dapat menyebabkan kerusakan sistem saraf pusat yaitu >50 ppm (Chamid, dkk,

2010). Hasil analisis Hg pada urin menunjukkan angka rata-rata 15,733 ppm, masih berada di bawah ambang batas biologi Hg terhadap urin yaitu 35 µg/gr atau 35 ppm *creatinine* (Inswiasri, 2008). Meskipun demikian, pada Gambar 10 hasil analisis toksikologi conto urin, menunjukkan ada 2 orang yang telah melebihi ambang batas yaitu 39,03 dan 89,33 ppm, dan 4 orang yang mendekati nilai ambang batas yaitu 22,56; 28,52; 23,88; dan 22,50 ppm.

Kriteria *World Health Organization* (1990) menyatakan bahwa kadar normal Hg dalam urin rata-rata 4 µg/l. Menurut *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (1998) dalam (Inswiasri, 2008) masyarakat umum yang terpajan Hg dan belum menunjukkan gejala penyakit yang berarti, kadar Hg dalam urin tidak lebih dari 15 µg/gr-*creatinine*.

Berdasarkan kriteria tersebut, terdapat nilai yang melebihi ambang batas yaitu 39,03 ppm atau 10,408 µg/l dan 89,33 ppm atau 23,821 µg/l, dampak kesehatan yang mungkin timbul, menurut Hurtado *et al* (2006) yaitu kadar Hg dalam urin 10-50 µg/l;



**Gambar 8.** Pengolahan kembali bekas tailing hasil pengolahan dengan gelundung untuk diolah dengan sianida di Desa Lebak Situ, Kecamatan Lebak Gedong

terganggu daya ingat, susah tidur, pemarah, *fatigue*, & *tremor*. Kadar Hg dalam urin 50-100 µg/l: kognitif, sensori, personaliti, fungsi motor, *proteinuria*, *glomerular*, *tubular*. Kadar Hg dalam urin 100-1000 µg/l: neurologi, renal, respiratori, kardiovaskuler.

Adanya nilai yang melebihi ambang batas tersebut menunjukkan telah terjadi paparan merkuri di daerah Cisoka pada media lingkungan dan *biomarker* (ikan dan urin), hal ini diperkirakan sebagai dampak aktivitas pertambangan rakyat yang dalam pengolahannya menggunakan merkuri. Meskipun demikian, perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut dengan jumlah conto yang lebih representatif, sehingga hasilnya akan lebih akurat.

Upaya-upaya penanggulangan dampak pencemaran merkuri dengan pendekatan teori simpul 1 sampai simpul 4 sebagai berikut :

- Pada Simpul 1 (sumber penyakit): pengolahan dengan menggunakan merkuri. Sosialisasi dari instansi terkait mengenai penggunaan merkuri yang efektif dan efisien untuk mengolah emas atau memberikan informasi lainnya

mengenai proses alternatif pengolahan emas yang lebih ramah lingkungan.

- Simpul 2 (media transmisi/perantara penyakit): air, tanah, udara, tanaman, dan hewan.
  - Pembuatan penampungan *tailing* yang memenuhi kriteria tertentu.
  - Melakukan remediasi lahan yang terkontaminasi Hg secara biologi (bioremediasi) atau fitoremediasi menggunakan tumbuhan yang mampu menyerap logam Hg dan logam berat lainnya.
  - Penempatan lokasi pengolahan emas diupayakan jauh dari tempat pemukiman dan pertanian.
  - Perlu dilakukan pemeriksaan secara berkala Hg pada air (air minum dan badan air), sedimen, tanah, tanaman dan hewan yang berasal dari daerah terpapar Hg yang langsung dikonsumsi, serta pengujian Hg di udara. Salah satu cara mengurangi paparan Hg di udara dengan menggunakan *retort* pada proses penggarangan dalam pengolahan emas (Chamid, 2004).
- Simpul 3 (penduduk



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA  
**LABORATORIUM KESEHATAN DAERAH**

Jl. Rawasari Selatan No.2 Jakarta Pusat 10510, Email : dkklabs@labkesda.go.id  
Telp. (021) 42474808, 4247432, 4247404, Fax. (021) 4247364  
website : www.labkesda.go.id

**HASIL LABORATORIUM**

No.	No Lab	Nama	Parameter Uji	Hasil (µg/g)	Metode
16	4.3.4.4 / 2567	Cabe (Lebak Tenjok)	Merkuri	tt < 0,062	SOP 9/LDJ/2004
17	4.3.4.4 / 2568	Talas (Lebak Tenjok)	Merkuri	tt < 0,062	SOP 9/LDJ/2004
18	4.3.4.4 / 2569	Ikan Mujair 1 (Lebak Tenjok) *)	Merkuri	0,65	SOP 9/LDJ/2004
19	4.3.4.4 / 2570	Ikan Mujair 2 (Lebak Tenjok) *)	Merkuri	0,90	SOP 9/LDJ/2004
20	4.3.4.4 / 2571	Ikan Mas 1 (Ps Gajrug) *)	Merkuri	0,16	SOP 9/LDJ/2004
21	4.3.4.4 / 2572	Ikan Mas 2 (Ps Gajrug) *)	Merkuri	0,36	SOP 9/LDJ/2004
22	4.3.4.4 / 2573	Tomat (Lebak Tenjok)	Merkuri	tt < 0,062	SOP 9/LDJ/2004

Keterangan :

tt : Tidak terdeteksi < LOD

\*) : Persaratan Merkuri pada Ikan = < 0,5 µg/g

(Berdasarkan Surat Lampiran Kep. Dirjen POM No. 03725/B/SK/VII/89 tentang Batas maksimal cemaran logam dalam makanan untuk ikan dan hasil olahannya)

Jakarta, 14 November 2011

MANAJER TEKNIS  
SIE. LABORATORIUM KIMIA & PEMERIKSAAN DOPING

**Drs. ENDRA MURYANTO, Apt MM**  
NIP. 19640120 199103 1 004



162/LDJ/2003

**PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA  
LABORATORIUM KESEHATAN DAERAH**

Jl. Rawasari Selatan No.2 Jakarta Pusat 10510, Email : dkklabs@labkesda.go.id  
Telp. (021) 42474808, 4247432, 4247404, Fax. (021) 4247364  
website : www.labkesda.go.id

**HASIL PEMERIKSAAN TOKSIKOLOGI**

**PENGAMBILAN SAMPEL**

Tanggal : -  
Oleh : Litbang  
Jenis Sampel : Urin  
Alamat Sampel : -

**PENERIMAAN DI LABORATORIUM**

Tanggal : 05 Oktober 2011  
Kode Sampel : -  
No. Lab : 4.3.4.4 / 2510 – 4.3.4.4 / 2529  
Jenis Pemeriksaan : Analisa Logam

**DIKIRIM OLEH**

Nama / Instansi : Litbang  
Alamat : Jl. Percetakan Negara, Jakarta

Pengambilan sampel di luar / atas \*) tanggung jawab LABKESDA

**HASIL LABORATORIUM**

No.	No Lab	No Botol	Parameter Uji	Hasil (µg/g creatinin)	Persyaratan (µg/g creatinin)	Metode
1	4.3.4.4 / 2510	B360216	Merkuri	89,33	35	SOP 9/LDJ/2004
2	4.3.4.4 / 2511	B359136	Merkuri	tt < 0,1285	35	SOP 9/LDJ/2004
3	4.3.4.4 / 2512	B275073	Merkuri	22,56	35	SOP 9/LDJ/2004
4	4.3.4.4 / 2513	B359651	Merkuri	28,52	35	SOP 9/LDJ/2004
5	4.3.4.4 / 2514	B360152	Merkuri	tt < 0,1285	35	SOP 9/LDJ/2004
6	4.3.4.4 / 2515	B075912	Merkuri	16,77	35	SOP 9/LDJ/2004
7	4.3.4.4 / 2516	B360057	Merkuri	23,88	35	SOP 9/LDJ/2004
8	4.3.4.4 / 2517	A360338	Merkuri	14,98	35	SOP 9/LDJ/2004
9	4.3.4.4 / 2518	B359001	Merkuri	22,50	35	SOP 9/LDJ/2004
10	4.3.4.4 / 2519	B359305	Merkuri	9,81	35	SOP 9/LDJ/2004
11	4.3.4.4 / 2520	A360265	Merkuri	tt < 0,1285	35	SOP 9/LDJ/2004
12	4.3.4.4 / 2521	B360043	Merkuri	18,08	35	SOP 9/LDJ/2004
13	4.3.4.4 / 2522	A360174	Merkuri	39,03	35	SOP 9/LDJ/2004
14	4.3.4.4 / 2523	A359531	Merkuri	tt < 0,1285	35	SOP 9/LDJ/2004
15	4.3.4.4 / 2524	B359465	Merkuri	tt < 0,1285	35	SOP 9/LDJ/2004

Laporan ini dilarang diperbanyak tanpa persetujuan tertulis dari Labkesda  
This report shall not be reproduced without the written approve from Labkesda  
Rev 00/01 Juni 2004

Halaman 1 dari 2

**Gambar 10.** Hasil analisis laboratorium conto urin

dengan berbagai variabel kependudukan): rambut, urin, dan darah.

Perlu dilakukan pemeriksaan secara berkala Hg pada rambut dan urin, juga perlu melakukan pengujian Hg pada darah, dan menghindari mengkonsumsi tanaman, hewan dan air yang berasal dari daerah terpapar Hg.

- Simpul 4 (penduduk sehat dan berpenyakit).
  - Perlu dilakukan sosialisasi atau penyuluhan dari dinas kesehatan tentang bahaya merkuri kepada masyarakat para penambang dan keluarganya.
  - Antisipasi penyediaan sarana dan prasarana pengobatan bagi penderita penyakit yang terpajan Hg.

Upaya-upaya tersebut diharapkan dapat mengurangi paparan merkuri pada lingkungan yang dapat berdampak kesehatan masyarakat.

## KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Hasil penelitian tahun 2011 menunjukkan adanya peningkatan kadar merkuri pada air sungai dibandingkan hasil penelitian tahun 2005 yaitu < 0,05. 10-3 ppm dan 0,00392 ppm. Hasil 2011 melebihi baku mutu air menurut Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2005. Pendataan Sebaran Unsur Merkuri pada Wilayah Pertambangan Ciberang dan Sekitarnya **Kabupaten Lebak, Provinsi Banten. Direktorat Inventarisasi Mineral. Direktorat Jenderal Geologi dan Sumber Daya Mineral. Bandung.**
- Anonim, 2011a. Penelitian Geologi Medika di Daerah Cisoka, **Kabupaten Lebak, Provinsi Banten. Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi. Bandung.**
- Anonim, 2011b. Laporan Akhir Kerjasama Geologi Medis. Pusat Sumber Daya Geologi, Badan geologi. Bandung
- Anies, 2006. Manajemen Berbasis Lingkungan Solusi Mencegah dan Menanggulangi Penyakit Menular. Di dalam: Agnesa, Adnan. Makalah Manajemen Penyakit Lingkungan Berbasis Wilayah dalam Upaya Penanggulangan Wabah. <http://kesmas-unsoed.blogspot.com/2010/08/makalah-manajemen-penyakit-lingkungan.html>
- Badan Standardisasi Nasional, 2009. SNI 7387: Batas Maksimum Cemar Logam Berat dalam Pangan.dalam Pangan.

- Berdasarkan *British Columbia Ministry of Environment* (1995) dan *British Columbia Ministry of Environment* (1989) dengan paparan Hg di tanah 5,709 ppm telah melebihi baku mutu untuk pertanian dan pemukiman yaitu < 2 ppm.
- Hasil penelitian geologi medis mengindikasikan bahwa paparan merkuri tidak hanya pada media air dan tanah, tetapi juga pada biomarker seperti tanaman pangan, sayuran dan rambut, rata-rata masih di bawah baku mutu, namun demikian pada ikan dan urin sudah ada yang melebihi nilai baku mutu.
- Adanya paparan merkuri di daerah Cisoka pada media lingkungan dan *biomarker* (ikan dan urin) diduga sebagai dampak aktivitas pertambangan rakyat. Meskipun demikian, perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut dengan jumlah conto yang lebih representatif, sehingga hasilnya akan lebih akurat.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Kami ucapkan terimakasih kepada Ir. Rudi Gunradi yang telah membantu dalam penulisan ini dan kepada Dr. Inswiasri, SKM., M.Kes. dari Pusat Intervensi Kesehatan Masyarakat, Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Kementerian Kesehatan yang telah memberikan masukan dan saran untuk perbaikan penulisan ini.

- British Columbia Ministry of Environment, 1989. Di dalam: Viega, M. M. and Meech, J. A. *Reduction of Mercury Emissions from Gold Mining Activities and Remedial Procedures for Polluted Sites*. University of British Columbia, Dept. Mining and Mineral Processing Engineering. Canada.
- British Columbia Ministry of Environment, 1995. *Criteria Managing Contaminated Sites in British Columbia. Waste Management Program*. B.C. Ministry of Environment. Canada.
- Bunel, J.E., Finkelman, R.B., Centeno, J.A., and Selinus, O., 2007. *Medical Geology: A Globally Emerging Discipline*. *Geologica Acta*, Vol. 5 No. 3, 2007, 273-281.
- Chamid, Chusharini., 2004. Keberhasilan Program *Community Development* di Sekitar Tambang Mencerminkan Kinerja Industri Pertambangan (Studi Kasus "Mercury Awareness Program" di PTKEM). LPPM UNISBA.
- Chamid, C., Yulianita, N., dan Renosari, P., 2010. Kajian Tingkat Konsentrasi Merkuri (Hg) pada Rambut Masyarakat Kota Bandung. Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Volume 1 No 1. LPPM UNISBA.
- Gradjean Phillippe *et al*, 2005. *Umbilical Cord Mercury oncentration as Biomarke of Prenatal Exposure to Methylmercury*. *Environmental Health Perspectives* vol 111, no.7, July 2005.
- Hananto, Miko., 2012. Materi Presentasi Riset Khusus Pencemaran Lingkungan (Rikhus PL). Pertemuan Penyempurnaan Kuesioner dan Pedoman Pelaksanaan Rikhus PL tanggal 19 Maret 2012 di Hotel Ibis Jakarta.
- Hurtado J., Gustavo F. G., Kyle S., 2006. *Mercury exposures in informal gold miner and relatives in Southern Peru*. *International Journal of Occupation Environmental Health* 2006; 12: 340 – 345.
- Inswiasri, 2008. Paradigma Kejadian Penyakit Pajanan Merkuri (Hg). *Jurnal Ekologi Kesehatan*, Vol. 7 No.2.
- Kathryn R. Mahaffey., 2005. *Mercury Exposure: Medical and Public Health Issues*. *Transactions of the American Clinical and Climatological Association*, vol. 116, 2005.
- Peraturan Pemerintah 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Parwata, J., 2008. Geologi Medika. *Warta Geologi*, Desember 2008.
- Sukandarrumidi., 2006. *Geologi Medis*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Thomas W. C., 2002. *The Three Modern Faces of Mercury*. *Environmental Health Perspectives*, vol. 110, Supplement 1, February, 2002.
- Tsuji S. J., et al., 2003. *Evaluation of Mercury in Urine as an Indicator of Exposure to Low Levels of Mercury Vapor*. *Environmental Health Perspectives* vol. 111 no. 4, April 2003.
- World Health Organization, 1990. *Environmental Health Criteria 101; Methyl-Mercury*. IPCS, Geneva.

<p>Diterima tanggal 10 September 2012 Revisi tanggal 29 Oktober 2012</p>
--

**KOREKSI SMR PADA DESAIN LERENG TAMBANGTERBUKA BATUBARA  
PADA FORMASI BALIKPAPAN & FORMASI KAMPUNGBARU,  
SANGASANGA, KALIMANTAN TIMUR**

**SMR CORRECTION ON COAL OPEN PIT SLOPE DESIGN OF BALIKPAPAN &  
KAMPUNGBARU FORMATION, SANGASANGA, KALIMANTAN TIMUR**

Oleh:

**Zufialdi Zakaria, Dicky Muslim, & Irvan Sophian**

Fakultas Geologi, Universitas Padjadjaran  
Jl. Raya Bandung Sumedang KM. 21 Jatinangor 45363

**SARI**

Kajian desain lereng stabil dibutuhkan dalam eksploitasi tambang batubara, khususnya dalam sistem tambang terbuka. Penambangan memerlukan desain lereng dengan berbagai cara. Untuk menemukan lereng stabil secara cepat, digunakan pembobotan massa lereng (*SMR, Slope Mass Rating*) yang berdasarkan kepada pembobotan massa batuan (*RMR, Rock Mass Rating*). Pada titik lokasi yang longsor maupun rawan longsor, diperlukan kajian khusus mengenai kestabilan lereng dengan metode lain dan menggunakan perangkat lain. Pada formasi batuan yang mengandung lapisan material urai (*loose*) seperti pasir kuarsa pada Formasi Balikpapan maupun Formasi Kampungbaru di Sangasanga, Kalimantan Timur, penentuan pembobotan massa lereng perlu dikoreksi untuk menemukan sudut lereng yang paling aman. Meskipun pada akhirnya, pilihan penentuan sudut lereng yang aman, akan bergantung pula kepada aspek ekonomis dalam penambangan. Hasil koreksi *SMR* yang melibatkan nilai *SMR* berdasarkan peneliti terdahulu (Laubscher, Romana, Orr dan Hall) didapatkan rumus-persamaan, yaitu: 1)  $SMR = 68,22 \ln(RMR) - 225,5$  (untuk persamaan logaritmik); 2)  $SMR = 1,262RMR - 22,30$  (untuk persamaan linier); 3)  $0,082 RMR^{1,580}$  (untuk persamaan power); dan 4)  $SMR = 9,191e0,029RMR$  (untuk persamaan eksponensial).

Kata kunci: *SMR, RMR*

**ABSTRACT**

*Slope stability design is required in coal mine exploitation of, especially in open pit system. Mining requires a slope design in various ways. To find the stable slope quickly, Slope Mass Rating (SMR) is used based on Rock Mass Rating (RMR). At the point of landslide location and landslide-prone area, special study on slope stability is required to be combined with other method and devices. For the rock formations containing loose material layer such as quartz-sand in Balikpapan Formation and Kampung baru Formation, Sangasanga, East Kalimantan, the determination of Slope Mass Rating needs to be corrected to find the safest slope angle, although at the end, the choice of determining a safe angle-slope, will depend on the aspect of economical mining. SMR correction sare carried out involving SMR values based on the equation of previous researchers (Laubscher, Romana, Orr and Hall). Result is obtained as follows: 1)  $SMR=68.22 \ln (RMR) -225.5$  (for the logarithmic equation), 2)  $SMR=1.262RMR-22.30$  (for the linear equation); 3)  $0.082RMR^{1.580}$  (for the power equation), and 4)  $SMR=9.191e0.029RMR$  (for the exponential equation).*

Keywords: *SMR, RMR*

**PENDAHULUAN**

Dasar penentuan pembobotan massa lereng atau *Slope Mass Rating (SMR)* antara lain adalah melibatkan parameter-parameter *Rock Mass Rating (RMR)*. *RMR* adalah pembobotan massa batuan berdasarkan klasifikasi geomekanika batuan (Bieniaswki, 1989) yang dapat dilihat pada tabel

pembobotan massa batuan (Tabel 1). Pembobotan adalah jumlah dari nilai bobot parameter pada tiap komponen dalam Tabel. Tabel pembobotan massa batuan berdasarkan Bieniawski (1989) dibagi menjadi tabel A, B, C dan D. Pada tabel C jumlah nilai tersebut dimasukkan ke dalam

kelompok yang sesuai dengan pembobotan masing-masing, sehingga nomor kelas dan pemerian dapat diberikan. Pada tabel D makna dan kegunaan tiap-tiap nomor kelas dapat ditentukan.

Berdasarkan nilai *RMR*, klasifikasi geomekanik (Bieniawski, 1989) juga dapat

dipakai dalam memperkirakan kestabilan lereng massa batuan hasil kupasan. Penilaian lereng kupasan lainnya adalah dengan cara pembobotan massa lereng (Laubscher, 1975; Orr, 1992; dan Hall, 1985, dalam Djakamihardja & Soebowo, 1996; Romana, 1993).

**Tabel 1.**  
Pembobotan Massa Batuan (modifikasi dari Bieniawski, 1989)

A. Parameter klasifikasi dan pembobotannya

PARAMETER		SELANG NILAI					
1	Kekuatan batuan utuh	Indekkekuatan:					Untuk nilai yang kecil dipakai hasil UCS
		Point Load	> 10 M Pa	4 - 10 M Pa	2 - 4 M Pa	1 - 2 M Pa	-
		Uniaxial	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25 - 50 MPa	10-25    3-10    <3 (satuan M Pa)
Pembobotan		15	12	7	4	2    1    0	
2	RQD(Rock Quality Designation)	90 - 100 %	75 - 90 %	50 - 75 %	25 - 50 %	< 25 %	
	Pembobotan	20	17	13	8	3	
3	SPASIREKAHAN	> 200 cM	60 - 200 cM	20-60 cM	6-20 cM	< 6 cM    atau < 60 mm	
	Pembobotan	20	15	10	8	5	
4	KONDISIREKAHAN	Permukaan gatakasar, tak menerus, Tak renggang Tidak lapuk ( <i>hard wall</i> )	Permukaan kasar Renggang < 1 mm Agak lapuk ( <i>hard wall</i> )	Permukaan agak kasar Renggang < 1mm Sangat lapuk ( <i>soft wall</i> )	<i>Slicken-side / Gouge</i> < 5 mm atau Renggang 1 - 5 mm menerus	<i>Gouge</i> lemah, tebal > 5 mm atau Renggang > 5 mm menerus	
		Pembobotan	30	25	20	10	0
5	AIR	Aliran per-10m Panjang terowongan	Tidak ada	<10 liter/menit	10 - 25 liter/menit	25 - 125 liter/menit	> 125 liter/menit
		Tekanan pori (□) Teg. utama max.	0	0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5
	A N A H	Keadaan umum	Kering	Lembab	Basah	Menetes	Mengalir
		Pembobotan	15	10	7	4	0

B. Penyesuaian Pembobotan untuk orientasi kekar pada beberapa keperluan

Orientasi jurus dan kemiringan (strike/dip) *)		Sangat Menguntungkan	Menguntungkan	Biasa (sedang)	Tidak Menguntungkan	Sangat Tidak Menguntungkan
Pembobotan	Tunnel	0	-2	-5	-10	-12
	Fondasi	0	-2	-7	-15	-25
	Lereng	0	-2	-25	-50	-60

C. Kelas pembobotan massa batuan (RMR, Rock Mass Rating) total

Pembobotan	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 21
Nomor Kelas	I	II	III	IV	V
Pemerian	Sangat baik	Baik	Sedang	Jelek	Sangat jelek

**GEOLOGI REGIONAL**

Lokasi penelitian dilakukan di daerah Sangasanga, Kalimantan Timur (Gambar 1), yang mencakup batuan Formasi Balikpapan dan Formasi Kampung Baru. Berdasarkan peta geologi regional yang dipublikasikan oleh Hidayat & Umar (1994), kedua formasi ini menyebar mulai dari selatan Samboja sampai Sangasanga.

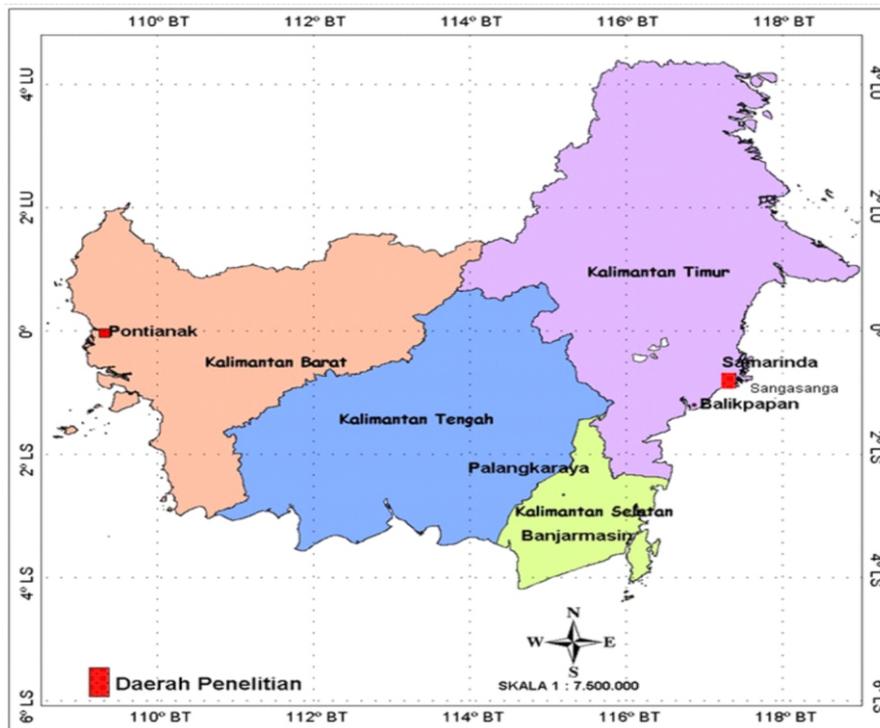
Formasi Kampungbaru (Pliosen), terdiri atas batulempung pasiran, batupasir kuarsa, batulanau, sisipan batubara, napal, batugamping dan lignit. Tebal sisipan batubara dan lignit kurang dari 3 m. Bagian bawah ditandai oleh lapisan batubara. Formasi Kampungbaru diendapkan di lingkungan delta dan laut dangkal dengan tebal formasi 100-800 m. Formasi ini terletak tidak selaras di atas Formasi Balikpapan.

Formasi Balikpapan (Miosen Tengah Bagian Atas – Miosen Akhir) terdiri atas perselingan batupasir kuarsa, batulempung lanauan dan serpih dengan sisipan napal, batugamping dan batubara. Lingkungan pengendapannya litoral sampai laut dangkal. Ketebalan 800 meter.

Kedua formasi tersebut (yang mengandung batupasir kuarsa) merupakan

kendala tersendiri pada saat dilakukan eksplorasi batubara, misalnya pada saat melakukan pengeboran. Pada saat eksploitasi penambangan, juga bisa menjadi kendala, misalnya wilayah batupasir kuarsa pada lokasi yang jenuh air dapat menyebabkan longsor.

Untuk mengantisipasi longsor di lokasi tambang, maka desain lereng yang tepat untuk tambang terbuka sangatlah diperlukan. Pada kondisi yang memerlukan penanganan cepat, metode penentuan sudut lereng stabil dengan *Slope Mass Rating* dapat dilakukan. Beberapa penulis telah memberikan rumus persamaan untuk mendapatkan nilai lereng stabil melalui kajian pembobotan massa lereng berdasarkan kajian pembobotan massa batuan. Para penulis tersebut adalah: Laubscher, Romana, Orr dan Hall, namun khusus untuk daerah yang banyak memiliki kelas *RMR* rendah (misalnya adanya material yang kurang terkonsolidasi seperti pasir kuarsa), dibutuhkan nilai *SMR* yang aman. Oleh sebab itu dalam tulisan ini diusulkan koreksi rumus baru berdasarkan penelitian terdahulu, kajian lapangan, dan nilai *RMR* pada salah satu lubang bor di Sangasanga, Kalimantan Timur.



Gambar 1. Lokasi penelitian

**METODE PENELITIAN**

Beberapa metode perhitungan *SMR* telah dikembangkan oleh beberapa penulis dan hampir semuanya berdasarkan parameter-parameter dalam *RMR*. Klasifikasi geomekanik (Bieniawski, 1989), juga dipakai dalam memperkirakan kestabilan suatu pengupasan lereng massa batuan. Sama halnya dengan penilaian terowongan, penilaian kestabilan lereng juga menggunakan data hasil observasi lapangan dan data laboratorium (lihat Tabel 2) sehingga dalam pembobotan dapat dilihat nilai *RMR*. Pembobotan massa batuan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

**Tabel 2.**

Sangat buruk	Nilai RMR	0 - 20
Buruk	Nilai RMR	21 - 40
Sedang	Nilai RMR	41 - 60
Baik	Nilai RMR	61 - 80
Sangat Baik	Nilai RMR	81 - 100

*SMR* digunakan untuk memperkirakan sudut kemiringan lereng pengupasan yang aman berdasarkan parameter *RMR*. Romana (1993) mengaitkan nilai *RMR* dengan faktor penyesuaian dari orientasi kekar terhadap orientasi lereng serta sistem pengupasan lereng dalam bentuk angka rating (pembobotan), yaitu:

**Tabel 3.**

F1	mencerminkan paralelisme antara arah kekar dan arah lereng
F2	memperlihatkan kemiringan kekar
F3	memperlihatkan hubungan kemiringan kekar dengan kemiringan lereng
F4	merupakan penyesuaian untuk metoda pengupasan.

Romana (1993) melakukan penilaian *SMR* dengan melibatkan empat faktor di atas melalui rumusan berikut:

$$SMR = RMR - (F1 \times F2 \times F3) + F4.$$

*RMR* didapat dengan cara analisis geomekanika melalui penilaian 5 parameter, yaitu :kekuatan batuan utuh, *Rock Quality Designation* (*RQD*), spasi bidang diskontinuitas, kondisi bidang diskontinuitas, kondisi airtanah.

Laubscher (1975, dalam Djakamihardja & Soebowo, 1996) membahas hubungan *RMR* dan *SMR* sebagai berikut:

**Tabel 4.**

Nilai RMR	Sudut lereng yang disarankan
81 - 100	75°
61 - 80	65°
41 - 60	55°
21 - 40	45°
0 - 20	35°

Hall (1985, dalam Djakamihardja & Soebowo, 1996) memberikan nilai *SMR*, sebagai:

$$SMR = 0,65 RMR + 25$$

sedangkan Orr (1992, dalam Djakamihardja & Soebowo, 1996) membahas hubungan sebagai :

$$SMR = 35 \ln RMR - 71$$

Berdasarkan Laubscher, nilai *SMR* didapat melalui pembobotan massa batuanya. Untuk kelas IV dengan nilai *RMR* 0 – 21, Laubscher masih memberikan angka 35° untuk sudut lereng yang dianggap aman. Untuk beberapa lokasi rawan longsor, sudut sebesar ini masih dianggap beresiko apalagi jika material lereng masih mengandung material lepas (urai).

Hasil *SMR* dari Romana (1993) menunjukkan nilai yang lebih baik, karena mempertimbangkan sistem pengupasan lereng dan mempertimbangkan orientasi kekar dan kemiringan lereng.

Hasil yang diusulkan oleh Hall merupakan persamaan regresi linier antara nilai sudut yang dianggap aman terhadap nilai *RMR*. Sedangkan hasil yang diusulkan oleh Orr merupakan persamaan regresi logaritmik antara nilai sudut yang dianggap aman terhadap nilai *RMR*.

**HASIL PENGAMATAN LAPANGAN**

Berdasarkan pengamatan di lapangan (pada saat pengeboran), telah didapatkan log bor yang digunakan juga untuk penilaian bobot massa batuanya (lihat Tabel 2). Dari nilai pembobotan massa batuan (*RMR*) dapat dihitung nilai pembobotan massa lereng (*SMR*) menurut cara perhitungan beberapa penulis terdahulu (Romana, Laubscher, Hall, dan Orr). Dari hasil penulis tersebut, dibuat koreksinya (Tabel 3). Nilai

SMR yang diusulkan adalah nilai SMR terkecil dari beberapa persamaan (lihat Tabel 4. Rumus perhitungan SMR koreksi), yaitu:

- 1)  $SMR = 68,22 \ln (RMR) - 225,5$   
(untuk persamaan logaritmik);
- 2)  $SMR = 1,262 RMR - 22,30$   
(untuk persamaan linier);
- 3)  $0,082 RMR^{1,580}$   
(untuk persamaan power);
- 4)  $SMR = 9,191e0,029RMR$   
(untuk persamaan eksponensial).

Grafik hubungan antara SMR dengan RMR berikut masing-masing persamaannya dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3. Perencanaan lereng kupasan adalah berdasarkan rumus yang didapat, maka perkiraan sudut lereng yang aman pada setiap kedalaman juga dapat dikoreksi (Tabel 5).

## DISKUSI

Pada saat pemboran di lapangan selalu terdapat kendala, yaitu kesulitan mendapatkan contoh batuan disebabkan kondisi Formasi Balikpapan di bagian atasnya tersusun oleh pasir kuarsa (dengan berbagai ketebalan), sehingga pengeboran mengalami *core loose* (nilai RQD dapat diperkirakan kecil sekali atau sampai 0%). Untuk mendapatkan contoh yang dapat mewakili lapisan Formasi Balikpapan bagian atas, terutama untuk bagian yang *loose*, dilakukan pengambilan contoh tak terganggu (*undisturbed sample*) dengan cara *test pit*. Pada beberapa kondisi, lubang bor terpaksa dipindahkan ke lokasi pemboran pengganti.

Pada beberapa lokasi tambang terjadi longsoran. Berdasarkan analisis lapangan, longsoran mengikuti retakan-retakan. Beberapa penyebab longsoran lainnya adalah:

1. Penurunan ketahanan batuan pada lapisan lempung pasiran (*sandy clay*) akibat berkembangnya retakan-retakan sehingga tidak sanggup menopang beban dari

material di atasnya (pasir lempungan, bersifat *loose*). Air yang masuk ke dalam retakan dapat menyebabkan ketahanan lapisan lempung menjadi berkurang.

2. Hujan dapat menjadi pemicu longsoran karena terdapat resapan air (infiltrasi) melalui lapisan pasir lepas (*loose*) di bagian atasnya yang dapat memicu percepatan laju air dari permukaan tanah sampai memasuki celah-celah/retakan di bawahnya.
3. Adanya akumulasi air pada cekungan-cekungan permukaan teras lereng dapat menurunkan ketahanan geser (atau menaikkan tekanan pori).

Pada lereng yang bermasalah, diperlukan analisis kestabilan lereng yang lebih mendalam. Lereng rekayasa perlu didapatkan melalui berbagai cara, antara lain dengan memperlandai sudut lereng atau dengan membuat terasering (undak-undak). Juga diperlukan upaya perbaikan pengaliran air (*drainage improvement*) dengan melakukan pengaliran air pada bagian yang bermaterial pasir lepas dengan infiltrasi (resapan) tinggi.

## KESIMPULAN

Perhitungan nilai SMR pada batuan yang kurang terkonsolidasi (urai), diperlukan koreksi berdasarkan RMR dan nilai SMR peneliti sebelumnya. Nilai SMR yang diusulkan untuk dipakai adalah nilai SMR terkecil sebagai antisipasi mendapatkan angka kestabilan lereng paling aman, meskipun untuk tambang terbuka akan disesuaikan dengan nilai ekonomis tambang. Untuk hasil yang lebih baik, diperlukan tambahan data yang memadai disertai analisis statistika.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada segenap pihak yang telah menyediakan data, khususnya rekan-rekan di Laboratorium Geologi Teknik UNPAD.

Tabel 5. Rock Mass Rating dan Slope Mas Rating lokasi penelitian

Dalam	Simbol	Batuan	UCS kg/cm <sup>2</sup> Rating	RQD	Spasi Kekar (cm) Rating	Kondisi kekar Rating	Kondisi M.A.T. Rating	F1	F2	F3	F4	RMR total Rating	SMR (°)			
													Laub 1)	Rom 2)	Hall 3)	Orr 4)
0.00-2.10		pasir kuarsa lempungan	0	< 25 0	< 60mm 5	lapuk 5	Lembab 10	180 0,15	45 1	42,5 1	0 0	22,15	45	22	39,4	37,42
2.10-10.80		Pasir kuarsa lapuk	0	< 25 0	< 60mm 5	lapuk 20	Lembab 10	180 0,15	45 1	42,5 1	0 0	37,15	45	37	49,15	55,52
10.80-13.75		Batupasir kuarsa	0	< 25 0	< 60mm 5	relatif agak lapuk 20	Lembab 10	180 0,15	45 1	42,5 1	0 0	37,15	45	37	49,15	55,52
13.75-19.90		Mudstone	3,84 0	< 25 0	< 60mm 5	agak lapuk 25	Lembab 10	180 0,15	45 1	42,5 1	0 0	42,15	55	42	52,4	59,94
19.90-23.87		Batulanau	0	< 25 0	< 60mm 5	tak lapuk 30	Lembab 10	180 0,15	45 1	42,5 1	0 0	47,15	55	47	55,65	63,87
23.87-26.60		Mudstone	0	87 17	< 60mm 5	tak lapuk 30	Lembab 10	182,5 0,15	42,5 1	87,5 0	0 0	63,15	65	63,15	66,05	74,09
26.60-27.40		Batubara	0	87 17	< 60mm 5	tak lapuk 30	Lembab 10	182,5 0,15	42,5 1	87,5 0	0 0	63,15	65	63,15	66,05	74,09
27.40-29.60		Batulanau	10,12 0	75 17	< 60mm 5	tak lapuk 30	Lembab 10	182,5 0,15	42,5 1	87,5 0	0 0	63,15	65	63,15	66,05	74,09
29.60-32.90		Mudstone	0	79,5 17	< 60mm 5	tak lapuk 30	Lembab 10	165 0,15	30 1	75 0	0 0	63,15	65	63,15	66,05	74,09
32.90-36.30		Batupasir kuarsa	9,34 0	84,2 17	< 60mm 5	tak lapuk 30	basah 7	135 0,15	20 0,7	65 0	0 0	59,85	65	59,85	63,9	72,21
36.30-37.30		Silty- mudtone	0	87 17	< 60mm 5	tak lapuk 30	Lembab 10	182,5 0,15	42,5 1	87,5 0	0 0	63,15	65	63,15	66,05	74,09
37.30-46.29		Batupasir lanauan	0	91,6 20	< 60mm 5	lp organik 10	Lembab 10	182,5 0,15	42,5 1	87,5 0	0 0	46,15	55	46,15	55	63,12
46.29-48.05		Batubara	0	< 25 0	< 60mm 5	soft wall 20	Lembab 10	182,5 0,15	42,5 1	87,5 0	0 0	36,15	45	36,15	48,5	54,57

Nilai UCS kurang dari 3 MPa atau < 3000 Kpa atau < 3000 KN/M<sup>2</sup> atau < 30,6 Kg/cm<sup>2</sup>)

Tabel 6. Rock Mass Rating dan Slope Mas Rating lokasi penelitian(lanjutan)

Dalam	Simbol	Batuan	UCS kg/cm <sup>2</sup> Rating	RQD	Spasi kekar (cm) Rating	Kondisi kekar Rating	Kondisi M.A.T. Rating	F1	F2	F3	F4	RMR total Rating	Kelas	SMR (°)			
														Laub 1)	Rom 2)	Hall 3)	Orr 4)
48.05-48.85		Mudstone	0	52,5 8	< 60mm 5	tak lapuk 30	Lembab 10	165 0,15	30 1	75 0	0 0	54,15	III	55	54,15	60,2	68,71
48.85-55.20		Batupasir lempung	0	81 20	< 60mm 5	lp organik 10	Lembab 10	135 0,15	35 1	75 0	0 0	46,15	III	55	46,15	55	63,12
55.20-56.98		Batulanau- lempungan	0	< 25 0	< 60mm 5	relatifagak lapuk 25	Lembab 10	180 0,15	45 1	42,5 1	0 0	42,15	IV	45	42	52,4	59,94
56.98-57.90		Batubara	0	< 25 0	< 60mm 5	lapuk 20	Lembab 10	180 0,15	45 1	42,5 1	0 0	37,15	IV	45	37	49,15	55,52
57.90-65.52		Batulanau- lempungan	0	< 25 0	< 60mm 5	relatifagak lapuk 20	Lembab 10	180 0,15	45 1	42,5 1	0 0	37,15	IV	45	37	49,15	55,52
65.52-67.90		Batubara	0	< 25 0	< 60mm 5	agak lapuk 25	Lembab 10	180 0,15	45 1	42,5 1	0 0	42,15	III	55	42	52,4	59,94
67.90-70.90		Batulanau- lempungan	0	< 25 0	< 60mm 5	tak lapuk 30	Lembab 10	180 0,15	45 1	42,5 1	0 0	47,15	III	55	47	55,65	63,87
70.90-75.50		Batupasir lanauan	0	87 17	< 60mm 5	tak lapuk 30	Lembab 10	182,5 0,15	42,5 1	87,5 0	0 0	63,15	II	65	63,15	66,05	74,09
75.50-85.90		Batulanau pasiran	0	87 17	< 60mm 5	tak lapuk 30	Lembab 10	182,5 0,15	42,5 1	87,5 0	0 0	63,15	II	65	63,15	66,05	74,09
85.90-88.80		Batupasir lanauan	0	75 17	< 60mm 5	tak lapuk 30	Lembab 10	182,5 0,15	42,5 1	87,5 0	0 0	63,15	II	65	63,15	66,05	74,09
88.80-96.30		Batupasir	0	79,5 17	< 60mm 5	tak lapuk 30	Lembab 10	165 0,15	30 1	75 0	0 0	63,15	II	65	63,15	66,05	74,09
96.30-98.50		Batulanau pasiran	0	84,2 17	< 60mm 5	tak lapuk 30	basah 7	135 0,15	20 0,7	65 0	0 0	59,85	III	65	59,85	63,9	72,21
98.50-100.9		Batupasir lanauan	0	87 17	< 60mm 5	tak lapuk 30	Lembab 10	182,5 0,15	42,5 1	87,5 0	0 0	63,15	II	65	63,15	66,05	74,09

Nilai UCS kurang dari 3 MPa atau < 3000 Kpa atau < 3000 KN/M<sup>2</sup> atau < 30,6 Kg/cm<sup>2</sup>)

Tabel 7.

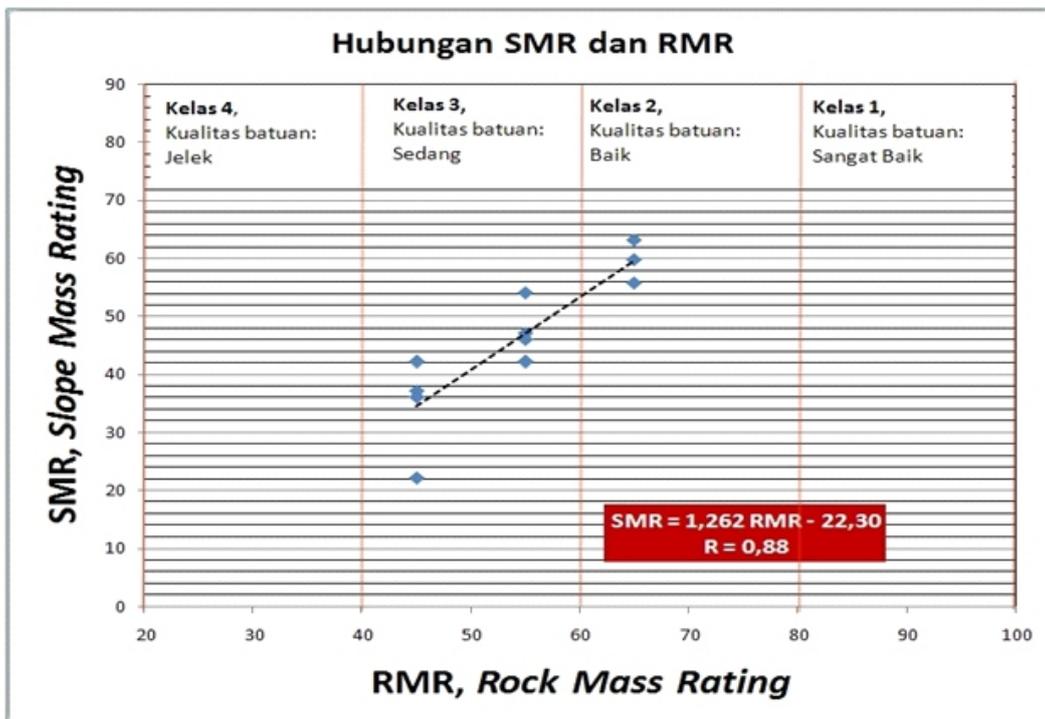
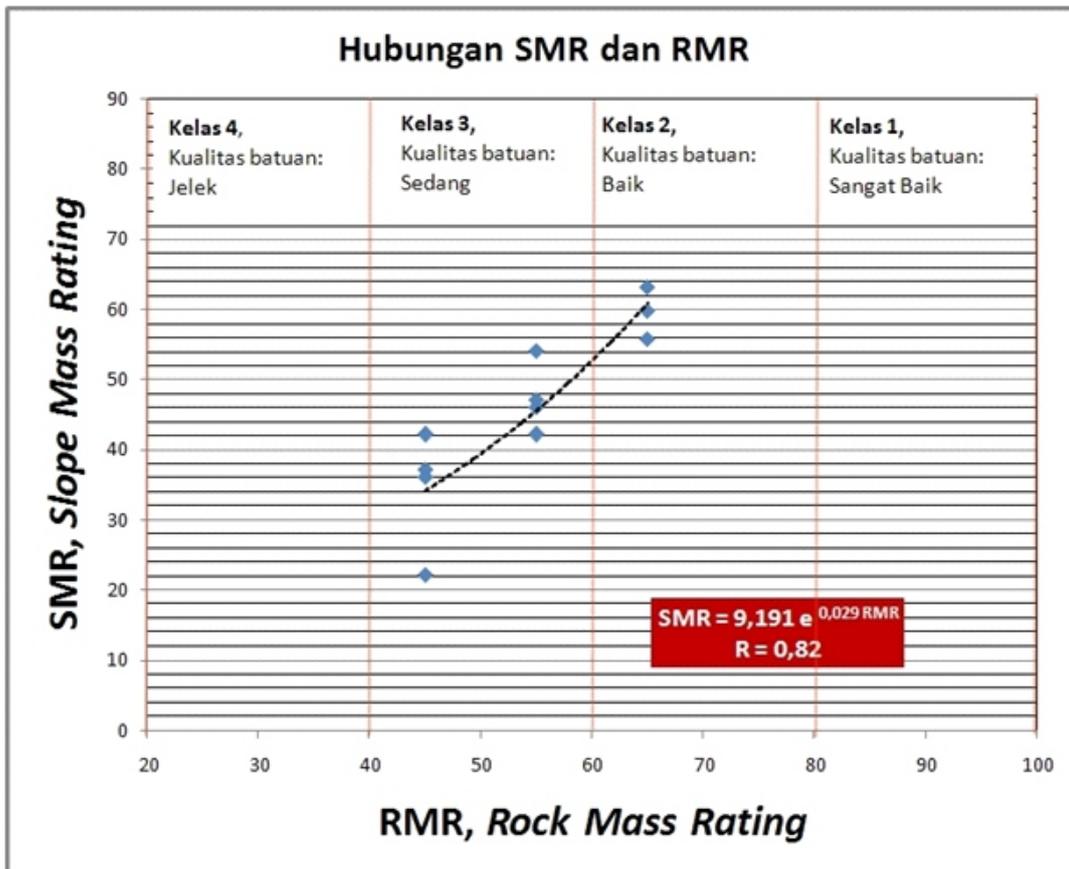
RMR	Slope Mass Rating								
	Laubcher	Romana	Hall	Orr	Z-log	Z-linier	Z-power	Z-exp	Rata-rata
22,15	45,00	22,0	39,40	37,42	-14,17	5,65	10,95	17,47	20,47
36,15	45,00	36,2	48,50	54,57	19,25	23,32	23,75	26,22	34,59
37,15	45,00	37,0	49,15	55,52	21,11	24,58	24,79	26,99	35,52
42,15	45,00	42,0	52,40	59,94	29,73	30,89	30,27	31,21	40,18
46,15	55,00	46,2	55,00	63,12	35,91	35,94	34,93	35,04	45,14
47,15	55,00	47,0	55,65	63,87	37,37	37,20	36,13	36,07	46,04
54,15	55,00	54,2	60,20	68,71	46,82	46,04	44,97	44,19	52,51
55,85	65,00	55,9	61,30	69,79	48,92	48,18	47,22	46,43	55,34
59,85	65,00	59,9	63,90	72,21	53,64	53,23	52,67	52,14	59,08
63,15	65,00	63,2	66,05	74,09	57,30	57,40	57,33	57,37	62,21

Keterangan :

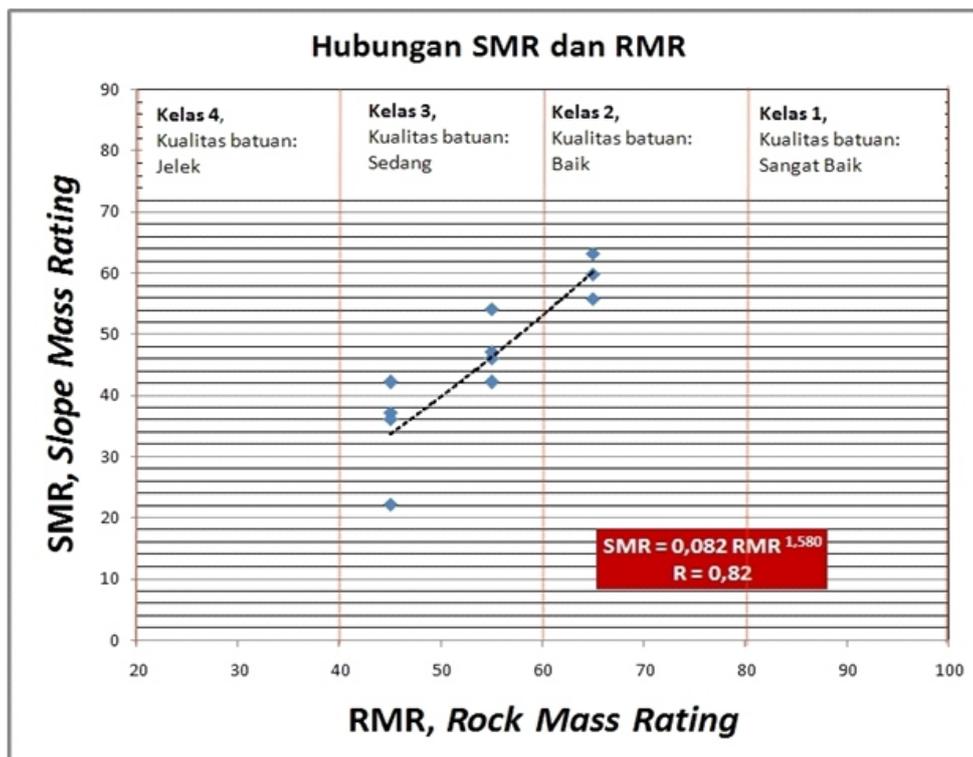
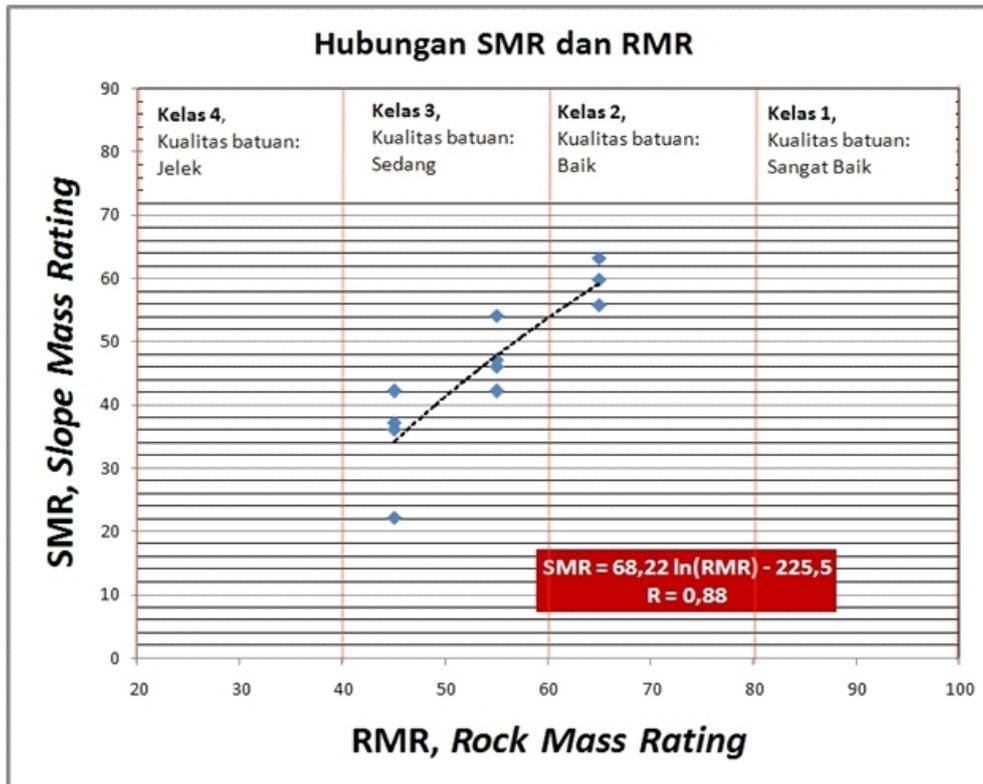
Nilai SMR dari penulis terdahulu, diambil dari nilai berdasarkan Romana (sudut lereng paling kecil, warna kuning) Z-log, Z-linier, Z-power, Z-exp, adalah persamaan koreksi SMR. Nilai SMR terkecil hasil koreksi diwarnai hitam. Nilai ini berdasarkan nilai RMR-nya dan persamaan Tabel 4.

Tabel 8.  
Rumus perhitungan SMR koreksi

Jenis	Persamaan hasil koreksi	R
Log	$SMR = 68,22 \ln(RMR) - 225,5$	0,88
Linier	$SMR = 1,262RMR - 22,30$	0,88
Power	$SMR = 0,082RMR^{1,580}$	0,82
Exp	$SMR = 9,191e^{0,029RMR}$	0,82



Gambar 2. Hubungan SMR dengan RMR, eksponensial (atas) dan linier (bawah)



**Gambar 3.** Hubungan SMR dengan RMR, logaritmik (atas), dan power (bawah)

**Tabel 9.**  
Perkiraan sudut lereng aman berdasarkan koreksi SMR per-kedalaman

Dalam	Batuan	RMR	SMR (°)				S M Rkoreksi (°)			
			Laub	Rom	Hall	Orr	Z-log	Z-linier	Z-power	Z-exp
			1)	2)	3)	4)				
0.00-2.10	pasir kuarsa lempungan	22,15	45	22	39,4	37,42	-14,17	5,65	10,95	17,47
2.10-10.80	Pasir kuarsa lapuk	37,15	45	37	49,15	55,52	21,11	24,58	24,79	26,99
10.80-13.75	Batupasir kuarsa	37,15	45	37	49,15	55,52	21,11	24,58	24,79	26,99
13.75-19.90	Batulempung	42,15	55	42	52,4	59,94	29,73	30,89	30,27	31,21
19.90-23.87	Batulanau	47,15	55	47	55,65	63,87	37,37	37,20	36,13	36,07
23.87-26.60	Batulempung	63,15	65	63,15	66,05	74,09	57,30	57,40	57,33	57,37
26.60-27.40	Batubara	63,15	65	63,15	66,05	74,09	57,30	57,40	57,33	57,37
27.40-29.60	Batulanau	63,15	65	63,15	66,05	74,09	57,30	57,40	57,33	57,37
29.60-32.90	Batulempung	63,15	65	63,15	66,05	74,09	57,30	57,40	57,33	57,37
32.90-36.30	Batupasir kuarsa	59,85	65	59,85	63,9	72,21	53,64	53,23	52,67	52,14
36.30-37.30	Batulempung lanauan	63,15	65	63,15	66,05	74,09	57,30	57,40	57,33	57,37
37.30-46.29	Batupasir lanauan	46,15	55	46,15	55	63,12	35,91	35,94	34,93	35,04
46.29-48.05	Batubara	36,15	45	36,15	48,5	54,57	19,25	23,32	23,75	26,22
48.05-48.85	Batulempung	54,15	55	54,15	60,2	68,71	46,82	46,04	44,97	44,19
48.85-55.20	Batupasir lempungan	46,15	55	46,15	55	63,12	35,91	35,94	34,93	35,04
55.20-56.98	Batulanau-lempungan	42,15	45	42	52,4	59,94	29,73	30,89	30,27	31,21
56.98-57.90	Batubara	37,15	45	37	49,15	55,52	21,11	24,58	24,79	26,99
57.90-65.52	Batulanau-lempungan	37,15	45	37	49,15	55,52	21,11	24,58	24,79	26,99
65.52-67.90	Batubara	42,15	55	42	52,4	59,94	29,73	30,89	30,27	31,21
67.90-70.90	Batulanau-lempungan	47,15	55	47	55,65	63,87	37,37	37,20	36,13	36,07
70.90-75.50	Batupasir lanauan	63,15	65	63,15	66,05	74,09	57,30	57,40	57,33	57,37
75.50-85.90	Batulanau pasiran	63,15	65	63,15	66,05	74,09	57,30	57,40	57,33	57,37
85.90-88.80	Batupasir lanauan	63,15	65	63,15	66,05	74,09	57,30	57,40	57,33	57,37
88.80-96.30	Batupasir	63,15	65	63,15	66,05	74,09	57,30	57,40	57,33	57,37
96.30-98.50	Batulanau pasiran	59,85	65	59,85	63,9	72,21	53,64	53,23	52,67	52,14
98.50-100.9	Batupasir lanauan	63,15	65	63,15	66,05	74,09	57,30	57,40	57,33	57,37

**DAFTAR PUSTAKA**

Bieniawski, Z.T., 1989, Engineering Rock Mass Classifications, John Wiley, New York.  
 Djakamihardja, A.S., dan Soebowo, E., 1996, Studi kemantapan lereng batuan pada jalur jalan raya Liwa-Krui, Lampung Barat: Suatu pendekatan metoda empiris, Prosiding Kemantapan Lereng Pertambangan Indonesia II, Jurusan Teknik Pertambangan, ITB, hal. 153-163  
 Hidayat, S., & Umar, I., 1994, Peta Geologi Lembar Balikpapan, Kalimantan, Skala 1:250.000, P3G (PSG), Bandung.  
 Hirnawan, R.F., & Zakaria, Z., 2002, Geoteknik dan geomekanik, Lab Geologi Teknik Prodi Teknik Geologi, FTG-Unpad, 9 hal  
 Romana, M., Seron, J.B., & Montalar, E., 2003, SMR Geomechanics classification: Application, experience and validation, ISRM 2003–Technology roadmap for rock mechanics, South African Institute of Mining and Metallurgy, 2003. p. 1-4  
 Romana, M.R., 1993, A Geomechanical Classification for Slopes: Slope Mass Rating, Pergamon Press, Oxford - New York Seoul Tokyo, 45p.

Diterima tanggal 10 September 2012  
 Revisi tanggal 29 Oktober 2012

**PEDOMAN PENULISAN**  
Makalah/karya tulis ilmiah  
BULETIN SUMBER DAYA GEOLOGI

**ISI DAN KRITERIA UMUM**

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

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

**FORMAT**

**UMUM**

Seluruh bagian dari naskah termasuk Sari, *Abstract*, judul tabel dan gambar, catatan kaki tabel, keterangan gambar dan daftar acuan diketik satu spasi dalam bentuk *electronic file* dan dicetak pada kertas HVS A4; menggunakan huruf Arial berukuran 11 *point*. Setiap lembar tulisan dalam naskah diberi nomor halaman dengan jumlah maksimum 15 halaman termasuk tabel dan gambar. Susunan naskah dibuat sebagai berikut:

NO	POKOK BAHASAN	POKOK PIKIRAN
I	<b>Judul</b> ( <i>Title</i> )	Pada halaman judul makalah/karya tulis dicantumkan nama setiap penulis dengan jumlah penulis maksimum 5 orang, nama dan alamat institusi bagi masing-masing penulis; disarankan dibuat catatan kaki yang berisi nomor telepon, faxsimile serta email.
II	<b>Abstrak dan <i>Abstract</i></b>	Berisi ringkasan pokok bahasan lengkap dari keseluruhan isi naskah seperti latar belakang (yaitu berupa alasan ilmiah ataupun alasan keperluan penting mengapa tulisan ini dipublikasikan), obyek yang diteliti, permasalahan riset, tujuan riset, kegunaan hasil riset, metode yang digunakan dalam mencapai solusi riset tanpa harus memberikan keterangan terlalu rinci dari setiap bab, dengan jumlah maksimum 250 kata. Abstrak dicantumkan terlebih dahulu apabila naskah berbahasa Indonesia, sementara <i>Abstract</i> tercantum di bawah Abstrak; dan berlaku sebaliknya apabila naskah ditulis dalam bahasa Inggris. Disarankan disertai kata kunci/ <i>keyword</i> yang ditulis di bawah Abstrak/ <i>Abstract</i> , terdiri dari 4 hingga 6 kata. <i>Abstract</i> atau abstrak yang ditulis di bawah abstrak atau <i>abstract</i> menggunakan <i>italic font</i> .

# PEDOMAN PENULIS

<p><b>III</b></p>	<p><b>Pendahuluan</b> (<i>Introduction</i>)</p>	<p>Bab ini dapat berisi latar belakang (alasan ilmiah dan maksud penelitian fenomena aktual bermasalah sebagai tema sentral penelitian), masalah aktual yang perlu solusi, pengantar tentang profil wilayah/lokasi kajian/riset, tujuan penelitian, spesifik, metode riset, hipotesis (kalau ada) dengan gaya bahasa lebih populer dengan bab dan sub-bab 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.</p>
<p><b>IV</b></p>	<p><b>Metode</b> (<i>Method</i>)</p>	<p>Metode yang digunakan harus spesifik dan jelas, mencakup uji-uji hipotesis atau model-model uji statistik, dapat menghimpun data primer/<i>sampling</i>, cara pengukuran dan komputasi.</p>
<p><b>V</b></p>	<p><b>Hasil dan Analisis</b> (<i>Results and Analysis</i>).</p>	<p>Berisi hasil-hasil penyelidikan/penelitian yang disajikan dengan tulisan, tabel, grafik, gambar maupun foto diberi nomor secara berurutan. Hindarkan penggunaan grafik secara berlebihan apabila dapat disajikan dengan tulisan secara singkat. Pencantuman foto atau gambar tidak berlebihan dan hanya mewakili hasil penemuan. Semua tabel, grafik gambar dan foto yang disajikan harus diacu dalam tulisan dengan keterangan yang jelas dan dapat dibaca. <i>Font</i> huruf/angka untuk keterangan tabel, gambar dan foto berukuran minimum 6 <i>point</i>.</p>
<p><b>VI</b></p>	<p><b>Pembahasan atau Diskusi</b> (<i>Discussion</i>).</p>	<p>Berisi tentang interpretasi dan bahasan singkat mengenai penjabaran hasil verifikasi/validasi yang ditekankan kepada kejelasan penelitian, keterlibatan aneka variabel dan peristiwa atau produk dari penelitian tersebut.</p>
<p><b>VII</b></p>	<p><b>Kesimpulan dan Saran</b> (<i>Conclusions and Recommendation</i>)</p>	<p>Berisi kesimpulan dan saran dari hasil uji hipotesis tentang penelitian, dan berisi segitiga konsistensi (masalah, tujuan dan kesimpulan).</p>
<p><b>VIII</b></p>	<p><b>Ucapan Terima Kasih</b> (<i>Acknowledgements</i>)</p>	<p>Dapat digunakan untuk menyebutkan sumber dana penyelidikan/penelitian dan untuk pernyataan penghargaan kepada institusi atau orang yang membantu dalam pelaksanaan penyelidikan/penelitian dan penulisan makalah/karya tulis.</p>
<p><b>IX</b></p>	<p><b>Acuan</b> (<i>References</i>)</p>	<p>Acuan ditulis dengan menggunakan sistem nama tahun, nama penulis/pengarang yang tercantum didahului oleh nama akhir (<i>surname</i>), disusun menurut abjad dan judul makalah/karya tulis ditulis dengan huruf miring (<i>italic font</i>)</p>

## 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

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

### Bab dalam Buku

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

### Prosiding

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

### Skripsi/Tesis/Disertasi

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

### Informasi dari Internet

Cantrell, C., 2006. Sri Lanka's tsunami drive blossom : Local man's effort keeps on giving. [Http://www.boston.com/news/local/articles/2006/01/26/sri\\_lankas\\_tsunami\\_Drive\\_blossoms/](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 mengubah substansi 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 eksemplar naskah asli baik *hardcopy* maupun *softcopy* kepada:

Sekretariat Buletin Sumber Daya Geologi  
Bagian Tata Usaha, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi  
Jalan Soekarno Hatta No. 444 Bandung, 40254  
Telepon. (022) 520 2698, 522 6270  
Fax. (022) 522 6270, 522 6263  
Email: [buletinpsdg@gmail.com](mailto:buletinpsdg@gmail.com)

**Alamat Redaksi**

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

ISSN 1907-5367



eISSN 2580-1023

