

ISSN 1979-7508

buletin

SUMBER DAYA GEOLOGI

Volume 7 No. 2, Agustus 2012



Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

Badan Geologi

Pusat Sumber Daya Geologi

Buletin
Sumber Daya Geologi

Vol. 7

No. 2

Halaman
45 - 108

Bandung
Agustus 2012

Terakreditasi sebagai Majalah Berkala ilmiah
kutipan keputusan kepala
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
No. 395/D/2012 Tanggal 24 April 2012

PENGANTAR REDAKSI

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Menguasai Segala Ilmu, Buletin Sumber Daya Geologi dapat kembali hadir untuk menjumpai para pembaca setia buletin ini dengan sajian tulisan yang semakin beragam. Pada Volume 7 nomor 2 Tahun 2012 ini, dihadirkan 5 dengan makalah ilmiah tentang kajian, tinjauan maupun berbagai hasil penelitian/penyelidikan yang berkaitan dengan pengungkapan sumber daya geologi.

Pada nomor ini, dapat dinikmati tulisan tentang karakteristik cebakan bauksit laterit, pemodelan geologi batubara dengan menggunakan *Coal Resources and Reserves Evaluation System (CRRES)* yang merupakan metode dengan aplikasi berbasis Sistem Informasi Geografi, dan studi mengenai fasies dan diagenesis batuan untuk keprospekan hidrokarbon pada Formasi Talabar dan Tendehantu. Selain itu, pembaca bias mendapatkan informasi mengenai salah satu pembuatan standar yang dipakai oleh laboratorium Pusat Sumber Daya Geologi yaitu pembuatan bahan acuan baku pasir besi menggunakan *inter-laboratory study* dan juga tulisan mengenai desain lereng final dengan metode RMR, SMR dan analisis kestabilan lereng pada tambang terbuka batubara.

Redaksi tanpa henti berupaya untuk terus meningkatkan mutu penerbitan melalui penyaringan secara ketat naskah karya tulis. Bersama Dewan Editor dan Mitra Bestari yang bekerja keras ikut menyempurnakan setiap makalah untuk menjadi tulisan ilmiah yang bermutu dan bermanfaat bagi pembaca. Tak lupa Dewan Redaksi mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada para penulis baik dari internal Pusat Sumber Daya Geologi maupun dari instansi lainnya untuk sumbangan ide dan karyanya untuk buletin ini.

Akhir kata, harapan kita semua semoga buletin ini selain sebagai wadah publikasi bagi karya-karya tulis ilmiah kebumian yang bermutu juga diharapkan dapat menjadi sarana penyebarluasan informasi hasil penyelidikan dan penelitian sumber daya geologi, yang berguna bagi masyarakat. Selamat menikmati Buletin Sumber Daya Geologi.

Salam hangat,

Dewan Redaksi

DAFTAR ISI

MAKALAH ILMIAH

- 45 - 56 **KARAKTERISTIK CEBAKAN BAUKSIT LATERIT DI DAERAH SEPILUK-SENANING, KABUPATEN SINTANG, KALIMANTAN BARAT.**
Oleh : Eko Yuan Toreno dan Moe'tamar.
- 57 - 66 **PEMODELAN GEOLOGI BATUBARA DAERAH MARANGKAYU KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA MENGGUNAKAN COAL RESOURCES AND RESERVES EVALUATION SYSTEM**
Oleh : Jimmy Dharmawan
- 67 - 77 **PEMBUATANBAHAN ACUAN BAKUPASIR BESI MENGGUNAKANINTER-LABORATORY STUDY**
Oleh : Khoirun Nahar dan Dedeh Dinarsih
- 78 - 91 **FACIES AND DIAGENESIS OF TABALAR AND TENDEHANTU CARBONATE FORMATION IN MANGKALIHAT PENINSULA AREA: AN OUTCROP PRELIMINARY STUDY TO OLIGOCENE – MIOCENE RESERVOIR CANDIDATE PROSPECT**
Oleh : Risman Adhitiya, Merza Media Adeyosfi, Syahreza S Angkasa, Felix Sihombing
- 92 - 108 **DESAIN LERENG FINAL DENGAN METODE RMR, SMR DAN ANALISIS KESTABILAN LERENG: PADA TAMBANG BATUBARA TERBUKA, DI KABUPATEN TANAH LAUT, PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**
Oleh : Galih W. Swana, Dicky Muslim, Irvan Sophian

GALERI PHOTO

Candra

PEDOMAN PENULISAN KARYA ILMIAH

Redaksi

**KARAKTERISTIK CEBAKAN BAUKSIT LATERIT
DI DAERAH SEPILUK – SENANING,
KABUPATEN SINTANG, KALIMANTAN BARAT**

Oleh:

Eko Yoan Toreno dan Moe'tamar

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

SARI

Keberadaan bauksit laterit di daerah Sepiluk-Senaning, Kabupaten Sintang, Kalimantan Barat terbentuk pada kemiringan lereng 10° s.d. 14° . Batuan asal yang terdapat di daerah ini adalah batuan gunungapi pra-Tersier dengan jenis fonolit kaya akan kandungan unsur aluminium dengan mineral gipsit, felspar dan *cliachit* yang mudah larut kemudian mengalami proses laterisasi. Penyelidikan bauksit di daerah ini dilakukan dengan *channel sampling* pada sumur uji dengan ketebalan rata-rata bauksit laterit sebesar 2,6 m dan pengambilan conto sebanyak 39. Hasil korelasi antara penampang sumur uji, memperlihatkan penyebaran bauksit laterit tipis ke arah tenggara - barat laut.

Berdasarkan hasil analisis kimia terhadap conto laterit diperoleh kadar rata-rata $52,64\% \text{ Al}_2\text{O}_3$; $3,60\% \text{ SiO}_2$; $9,83\% \text{ Fe}_2\text{O}_3$ dan $1,34\% \text{ TiO}_2$ dengan faktor konkresi $0,58\%$.

Kata kunci : bauksit, laterit, Sepiluk-Senaning, gipsit, felspar, *cliachit*

ABSTRACT

The occurrence of lateritic bauxite deposits in the Sepiluk-Senaning area, Sintang, West Kalimantan was formed on the 10° to 14° slope. The source rock is Pre-Tertiary aluminous rich phonolite with soluble minerals such as gibbsite, feldspar and cliachit then undertake lateritic processes. Investigation was carried out by channel sampling in the test pit to collect 39 samples within average depth of 2.6 m. Correlation among test pit cross sections showing the distribution of lateritic bauxite become thinner toward southeast – northwest.

Based on the chemical analysis of samples, the average grade of several substances are $52.64\% \text{ Al}_2\text{O}_3$; $3.60\% \text{ SiO}_2$; $9.83\% \text{ Fe}_2\text{O}_3$ and $1.34\% \text{ TiO}_2$ with concretion factor of 0.58% .

Keywords : bauxite, lateritic, Sepiluk-Senaning, gibbsite, feldspar, cliachit

PENDAHULUAN

Bauksit laterit merupakan suatu lapisan konkresi yang kaya aluminium dan besi, berwarna kemerahan - kecoklatan akibat terkontaminasi oleh oksida besi, berpori dan terdapat di daerah tropis - subtropis. Bauksit relatif sangat lunak (1-3 Mohs), ringan (berat jenis $2,3-2,7 \text{ gr/cm}^3$) dengan rumus kimia $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ bersistem oktahedral, termasuk dalam kelompok aluminium hidroksida

seperti gipsit ($\text{Al}(\text{OH})_3$), boehmit ($\gamma\text{-AlO}(\text{OH})$) dan diaspor ($\alpha\text{-AlO}(\text{OH})$).

Bauksit dapat bersumber dari batuan primer (hidrotermal) maupun dari batuan sekunder (pelapukan). Keterdapatannya di permukaan bumi secara luas berasal dari batuan sekunder hasil proses pelapukan yang cukup kuat dan pelindian. Umumnya bauksit berasal dari syenit, lempung/serpik

yang mengalami pelapukan dengan larutnya unsur Na, K, Mg dan Ca menjadi residu hidroksida alumina ($Al(OH)_3$) dan mengeras membentuk bauksit melalui proses dehidrasi. Sedangkan menurut Eggleton, (2001) Laterite adalah bagian atas dari suatu horison tanah yang kaya dengan oksida besi dan miskin silika sebagai hasil dari pelapukan intensif pada regolit.

Daerah penyelidikan merupakan daerah perbatasan Kalimantan Barat (Indonesia) dengan Serawak (Malaysia) yang secara administratif termasuk wilayah Kecamatan Ketungau Hulu, Kabupaten Sintang, Provinsi Kalimantan Barat (Gambar 1).

Di Kalimantan Barat, bauksit laterit terdapat pada jalur penyebaran dengan panjang 300 Km dan lebar 50 – 100 Km (Zona Laterit), yang membujur arah barat laut – tenggara dari Kabupaten Ketapang, Sanggau, Landak, Kubu Raya, Pontianak, Bengkayang sampai Kota Singkawang (Alcomin, 1974).

Geologi morfologi daerah penyelidikan terdiri dari satuan morfologi perbukitan terjal, diperkirakan mencakup sekitar 30% luas daerah penyelidikan tersebar di daerah bagian timur, utara dan sebagian di bagian

tengah dengan kemiringan lereng $> 25^\circ$, ketinggian berkisar 150-1.150m dpl. Umumnya satuan morfologi ini ditempati oleh satuan batupasir kuarsa Formasi Tutop dan batuan intrusi Sintang berupa andesit, diorit dan granodiorit berumur Pra-Tersier (Heryanto dkk, 1993). Selain itu terdapat satuan morfologi perbukitan bergelombang diperkirakan mencakup sekitar 70% luas daerah penyelidikan, merupakan daerah perbukitan dan lembah-lembah sungai dengan lereng landai – sedang, kemiringan lereng $< 25^\circ$, yang banyak dimanfaatkan untuk lahan perkebunan sawit, karet dan akasia. Satuan morfologi ini ditempati oleh satuan perselingan batupasir halus dan batulempung, lensa batubara (Formasi Ketungau) dan satuan batupasir sisipan batulanau dan batulempung (Formasi Kantu).

Penyebaran batuan sedimen sangat luas, hampir menempati seluruh daerah penyelidikan, terletak tidak selaras menutupi batuan intrusi. Batuan yang tersingkap di utara daerah penyelidikan terdiri dari batupasir halus-sedang, berwarna putih keabu-abuan sampai kemerahan, berlapis baik dengan struktur sedimen perlapisan sejajar dan silangsiur, pada beberapa tempat

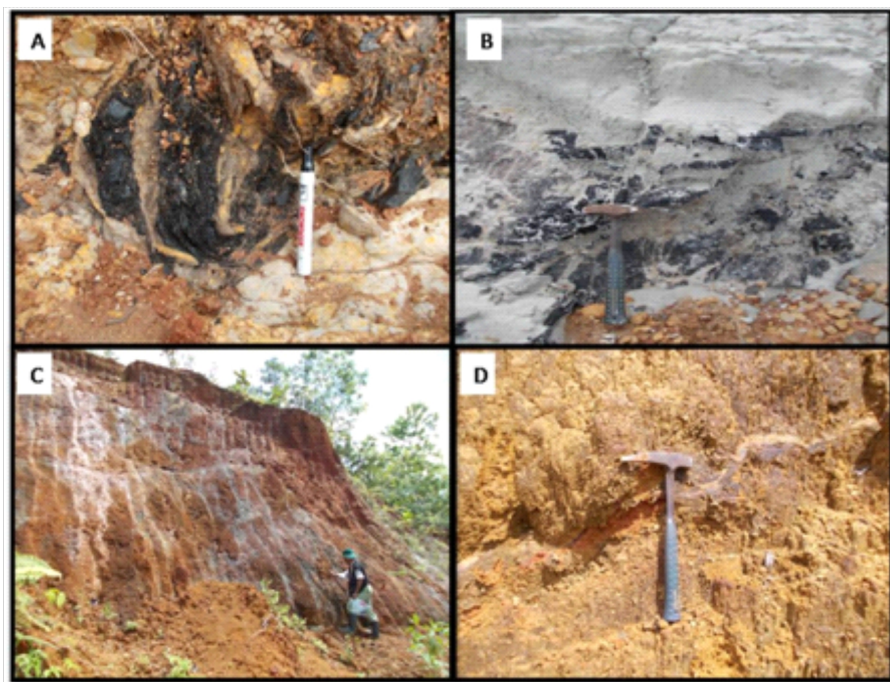


Gambar 1. Peta administrasi dan lokasi daerah penyelidikan

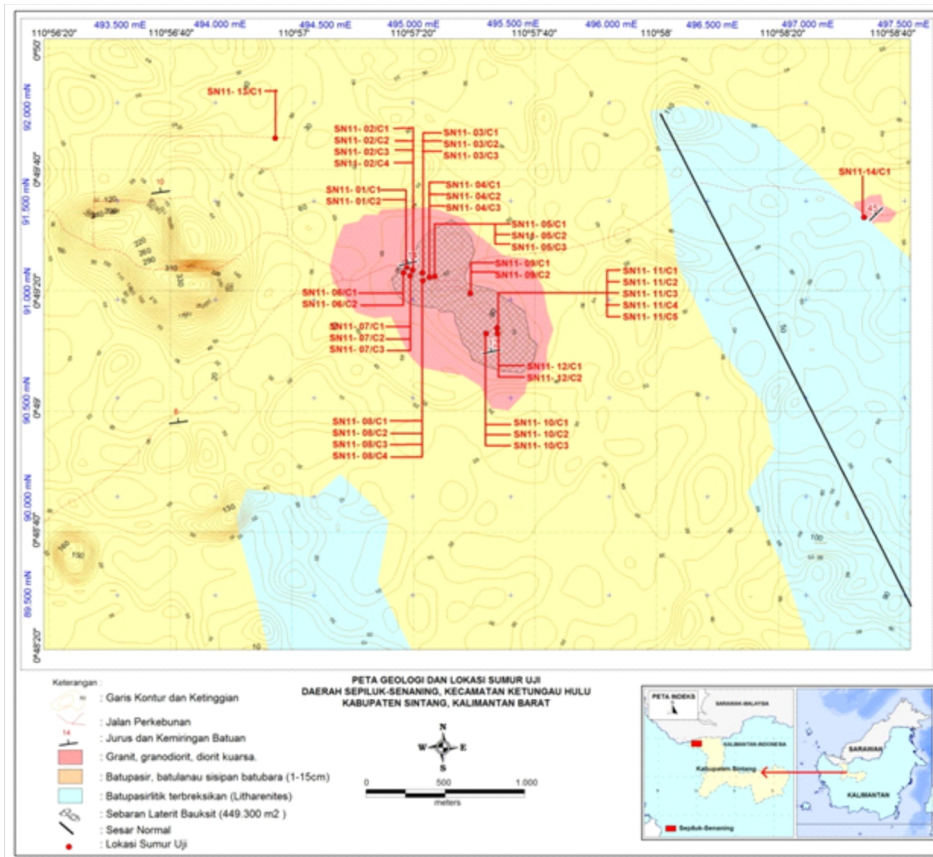
nampak terdapat struktur graded bedding terutama pada sisipan batupasir berbutir kasar sampai konglomeratan dengan fragmen membulat dari mineral kuarsa dengan diameter hingga 1 cm, jurus dan kemiringan N175°E/14°. Batupasir tersebut berselang-seling dengan batulempung dan batulanau (Gambar 2A), umumnya bersifat lunak hingga getas, berwarna abu-abu sampai abu-abu kehitaman, setempat berlapis baik dengan struktur sedimen perlapisan sejajar, kadang-kadang mengandung lapisan batubara yang sebagian sangat tipis hingga berbentuk lensa-lensa atau fragmen-fragmen batubara hasil transportasi (Gambar 2B). Hasil pengukuran pada lapisan batulempung menunjukkan jurus dan kemiringan N240°E/10°. Dari analisis petrografi, batupasir di daerah penyelidikan termasuk dalam klasifikasi batupasir litik terbreksikan (Litharenites), menurut Heryanto dkk, 1993 satuan batuan ini termasuk kedalam Formasi Kantu dengan kisaran umur Eosen.

Andesit dan batuan terubah granitik hingga granodiorit, diorit mengandung kuarsa, menempati bagian tengah daerah penyelidikan (Gambar 2C). Pada bagian permukaan dijumpai lapisan tipis oksida besi berupa limonit terisi pasir dan lempung (Gambar 2D), diduga berasal dari batuan asal dan terbentuk karena pelapukan dengan sebaran tanah laterit seluas 449.300 m² (Gambar 3).

Struktur geologi di daerah penyelidikan terdiri dari sesar, pelipatan dan rekahan. Sesar berarah tenggara - barat laut, ke barat umumnya agak sejajar dengan batas formasi. Kelompok sesar yang berarah timur - timurlaut memotong menyilang batas formasi tersebut. Sesar-sesar yang terdapat di daerah ini pada umumnya berupa sesar normal. Terdapat dua sesar utama yang mengontrol perkembangan struktur daerah tersebut. Secara umum struktur sinklin dan antiklin ditemukan pada batuan sedimen di bagian utara daerah penyelidikan.



Gambar 2. A) Struktursilang siur batupasir dengan batulempung, terlihat fragmen batubara rapuh
 B) Batupasir berselang - seling dengan batulempung dan batulanau dengan lensa batubara
 C) Foto singkapan granit, andesit
 D) Lapisan tipis oksida besi terisi lempung



Gambar 3. Peta Geologi daerah Sepiluk-Senaning, Sintang

METODOLOGI

Metode penyelidikan untuk mengetahui ketebalan bauksit laterit adalah sumur uji yang merupakan suatu metode pengambilan conto bauksit laterit yang berada di bawah permukaan, dengan cara channel/paritan pada dinding sumur uji (Anonim, 1994) sekaligus melihat secara megaskopis susunan litologi atau perubahan warna tanah/batuan sampai pada kedalaman tertentu. Ukuran sumur uji yang biasa digunakan adalah minimal 1 m x 1 m dan penggalian dihentikan jika mencapai lempung (kong), batuan keras dan air tanah. Sketsa cara pengambilan conto bauksit ditampilkan dalam Gambar 4.

Penggalian sumur uji di daerah penyelidikan dilakukan pada jarak spasi antara 50 m sampai 100 m. Penentuan lokasi titik sumur uji di lakukan dengan GPS (*Global Positioning System*).

Metode pengambilan conto bauksit laterit pada sumur uji adalah sebagai berikut

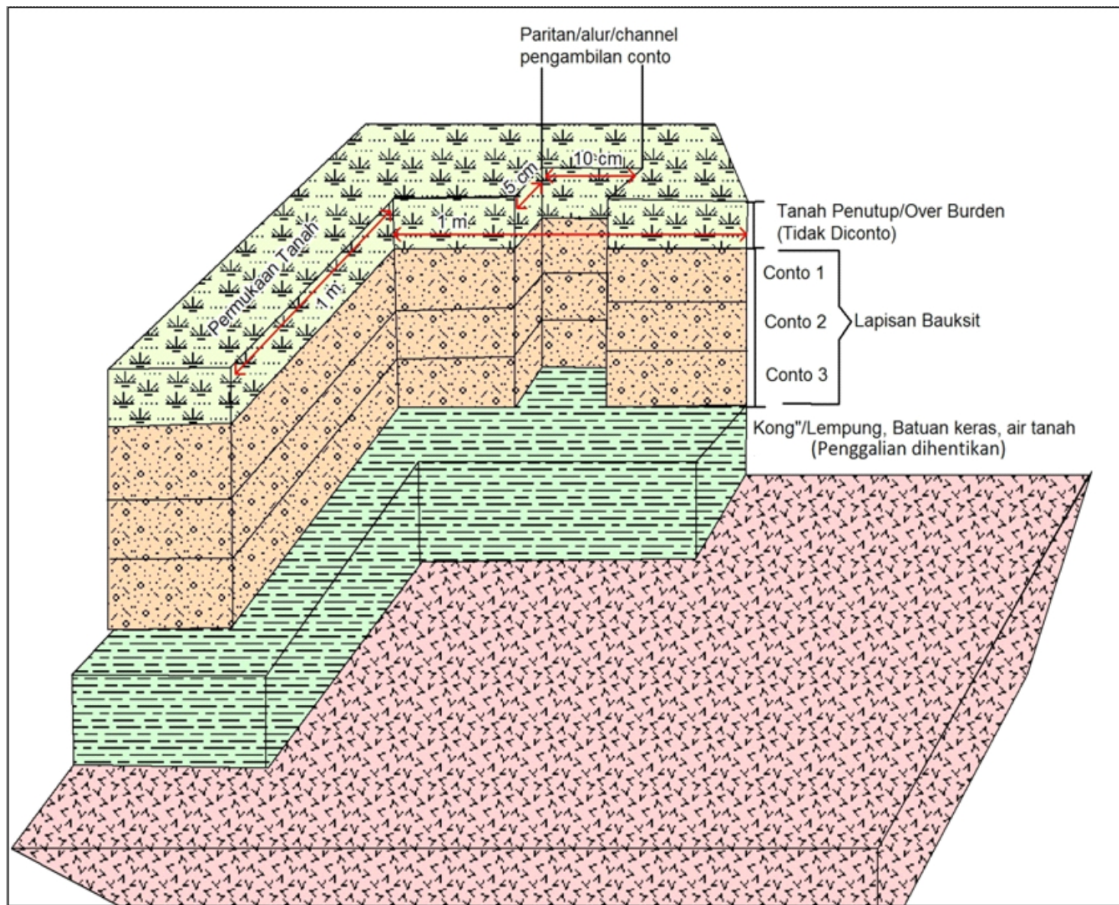
1. Menentukan kedalaman sumur uji.
2. Menentukan batas antara lapisan

batuan dengan bauksit laterit.

3. Menentukan ketebalan lapisan bauksit laterit.
4. Menentukan batas antara lapisan penutup (*overburden*) dengan bauksit laterit.
5. Melakukan pemerian bauksit laterit di lapangan.
6. Pengambilan conto dilakukan pada dinding yang paling panjang, dengan labeling pada pita dan plastik conto, agar memudahkan dalam pengolahan data dan saat analisis laboratorium.

Pengambilan conto dan pemerian pada lubang sumur uji yang mengandung bauksit dilakukan dengan *channel sampling* dengan lebar 10 cm, menjorok ke dinding sepanjang 10 cm dengan interval kedalaman 1 m. Dengan demikian jumlah conto yang diambil tergantung pada tebal bauksit laterit.

Pengambilan conto dilakukan juga pada tebing bukaan dengan memperhatikan jarak sumur uji sebelumnya.



Gambar 4. Sketsa cara pengambilan conto bauksit dengan sumur uji (modifikasi dari Anonim,1994 dan Anonim, 2000)

Preparasi Conto

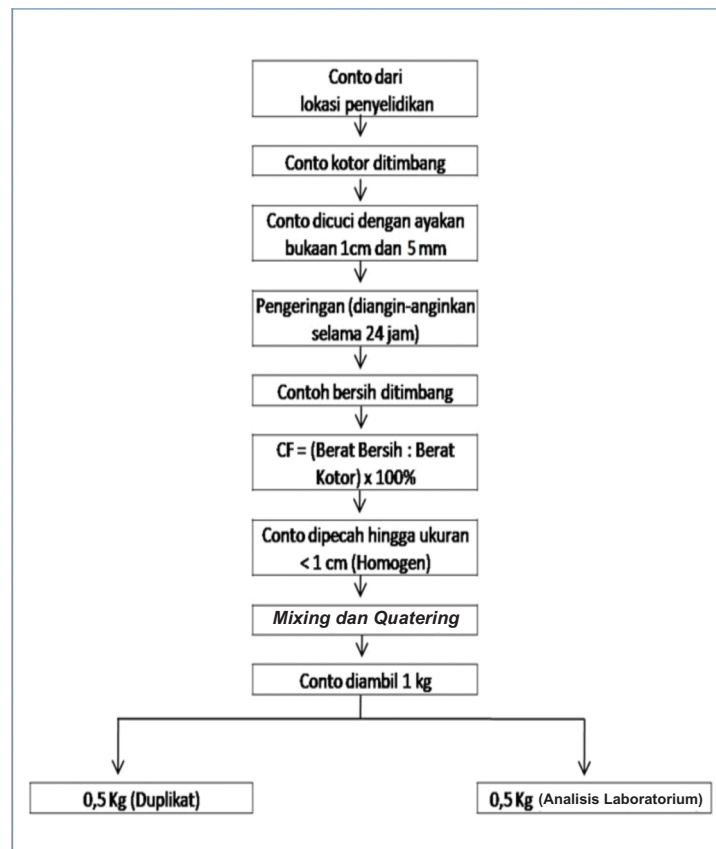
Setelah pengambilan conto di lokasi penyelidikan, selanjutnya conto di bawa ke *basecamp* untuk dilakukan preparasi conto sebagai berikut (Gambar 5):

1. Conto dari lokasi ditimbang untuk mengetahui berat kotor.
2. Conto kotor dicuci dengan ayakan berukuran 1 cm dan 5 mm secara manual hingga bersih, agar butiran yang lolos (matriks) dan bahan pengotornya hilang.
3. Dilakukan pengeringan dengan di angin-anginkan sampai 24 jam (Gambar 6A).
4. Conto kering yang bersih ditimbang, untuk mengetahui berat bersih.
5. Menghitung faktor kongresi (CF=berat bersih/berat kotor x

100%)(Anonim,1994).

6. Conto dihaluskan hingga ukuran < 0,5 cm (Gambar 6 B)
7. Conto di mixing dan quatering (pencampuran 4 bagian) sehingga fraksi conto menjadi homogen (Gambar 6 C)
8. Conto diambil 1 Kg, 0,5 Kg dianalisis di laboratorium dan sisanya menjadi duplikat (Gambar 6 D)

Conto yang sudah dipreparasi tersebut, selanjutnya dikirim ke laboratorium untuk dilakukan analisis senyawa-senyawa Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 , TiO_2 , CaO , MgO dan HD. Selain itu untuk beberapa conto yang didapat di lokasi penyelidikan juga dilakukan analisis petrografi, mineragrafi dan berat jenis.



Gambar 4. Sketsa cara pengambilan conto bauksit dengan sumur uji (modifikasi dari Anonim, 1994 dan Anonim, 2000)



Gambar 6. A) Pengeringan conto bersih, selama 24 jam
 B) Penghalusan conto hingga ukuran < 1cm
 C) *Quatering* conto agar menjadi homogen
 D) Conto diambil 1 kg, dikirim untuk analisis laboratorium seberat 0,5 Kg

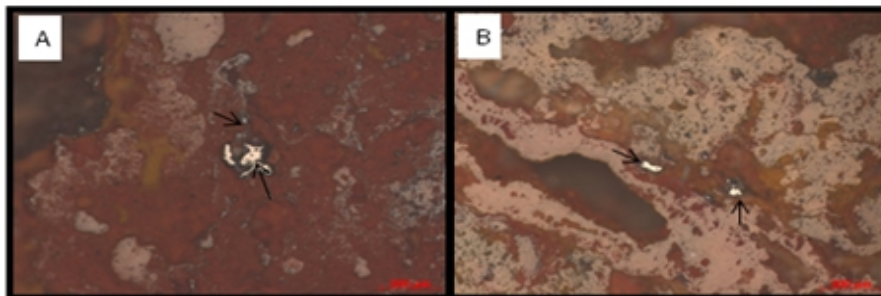
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari analisis mineragrafi conto di daerah penyelidikan teridentifikasi sebagian besar berupa mineral hematit dan oksida besi yang tersebar dalam batuan (Gambar 7A). Dari pemeriksaan mineral bijih sayatan poles batuan di bawah mikroskop cahaya pantul, mineral logam yang teridentifikasi adalah hematit, berbutir halus hingga + 0,1 mm, dengan bentuk subhedral hingga anhedral yang telah berubah menjadi *hydrous iron oxide* (Gambar 7B). Sedangkan dari analisis petrografi teridentifikasi mineral gipsit dan *clinchite* yang umumnya berupa nodul dikelilingi oleh mineral opak. Gipsit terdapat mengisi rongga dengan bentuk anhedral sedangkan *clinchite* kemungkinan sudah bercampur bersama oksida besi terlihat mengelilingi mineral gipsit. Kehadiran feldspar berukuran 0,25 mm dengan bentuk butir anhedral-subhedral telah mengalami proses laterisasi dan tersebar menjadi mineral gipsit (Gambar 8).

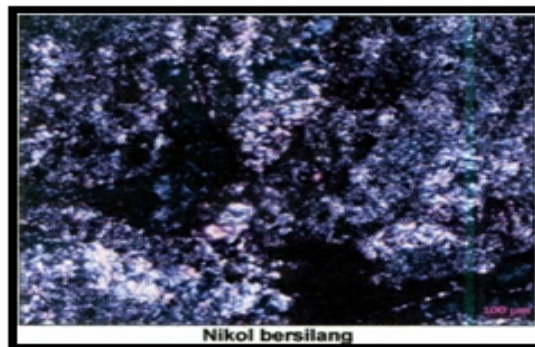
Kehadiran mineral gipsit sangat umum merupakan sumber utama terbentuknya bauksit laterit di daerah penyelidikan. Variasi iklim musiman juga dianggap penting dalam

pembentukan bauksit. Musim panas dan dingin menyebabkan fluktuasi pada muka air tanah, yang membuat terjadinya pelarutan dan transfer massa. Variasi pada profil bauksit sebagai transformasi dari gipsit yang terdehidrasi menjadi versi yang terhidrasi secara relatif menghasilkan boehemit atau diaspor ($\alpha\text{-AlO}(\text{OH})$).

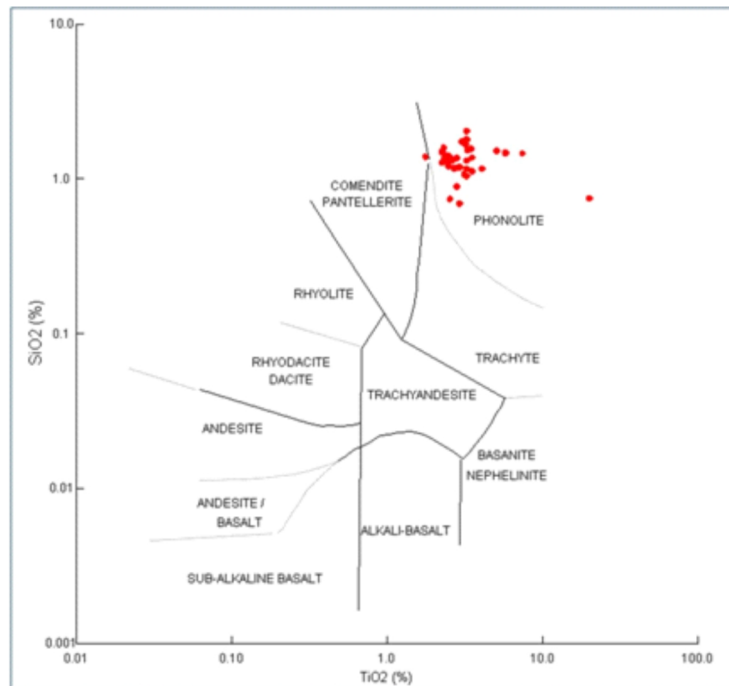
Batupasir litik terbreksikan juga teridentifikasi terisi oleh mineral-mineral lempung dan butiran halus kuarsa (30%), urat epidot kuarsa yang saling berpotongan pada zona rekahan, tersusun oleh mineral kuarsa, plagioklas, muskovit, klorit, mineral opak didalam masa dasar klorit (Gambar 9). Disamping itu, hasil diagram statistik pengklasifikasian batuan gunungapi (Winchester and Floyd, 1977) TiO_2 terhadap SiO_2 juga teridentifikasi bahwa pelapukan dalam pembentukan bauksit laterit di daerah penyelidikan berasal dari batuan beku gunungapi fonolit yang kaya feldspar dan gipsit (Gambar 10). Menurut Casimiro dan d'Avila, (1975) bauksit laterit yang terbentuk dari fonolit mempunyai kadar aluminium yang tinggi dengan gipsit sebagai mineral utama.



Gambar 7. : A dan B Fotomikrograf sayatan poles hematit dengan bentuk subhedral hingga anhedral yang nampak tersebar dalam batuan.



Gambar 8. Sayatan tipis laterisasi feldspar menjadi *clinchite* dan gipsit



Gambar 10. Diagram klasifikasi batuan gunungapi TiO_2 versus SiO_2 (modifikasi dari Winchester and Floyd, 1977)

Tabel 1. Nilai statistik unsur tanah laterit daerah Sepiluk-Senaning

Kimia Unsur	Jmlh Analisis	Mean (%)	Median (%)	Minimum (%)	Maximum (%)	Std. Deviation (%)
SiO_2	39	3,60	2,93	1,77	20,15	2,92
Al_2O_3	39	52,64	53,52	17,90	54,99	5,78
Fe_2O_3	39	9,83	9,34	5,44	24,35	2,88
CaO	39	0,44	0,33	0,04	1,66	0,36
MgO	39	0,28	0,28	0,02	0,48	0,10
TiO_2	39	1,34	1,36	0,69	2,03	0,29
H_2O	39	0,51	0,49	0,21	1,67	0,211
HD	39	28,71	29,28	10,74	30,32	3,057

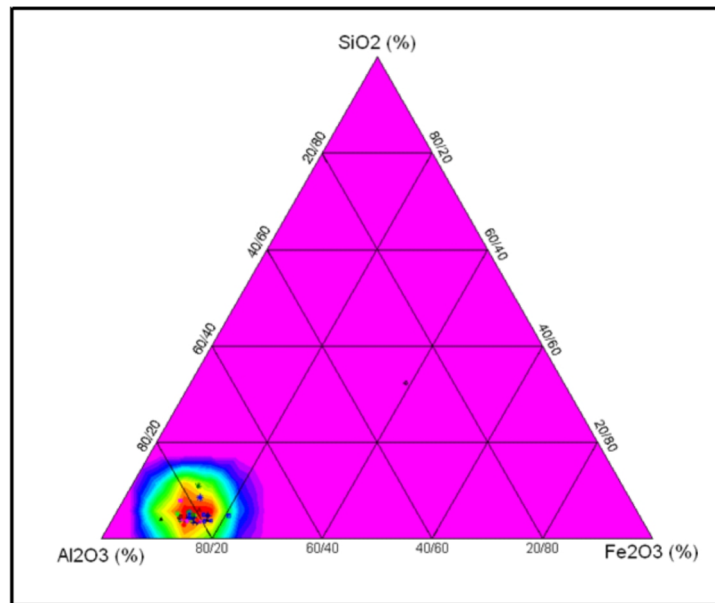
Analisis kimia unsur terhadap 39 conto tanah membuktikan bahwa semua conto di daerah ini merupakan tanah laterit dengan rata-rata kandungan 52,64 % Al_2O_3 ; 3,60% SiO_2 ; 9,83 % Fe_2O_3 dan 1,34 % TiO_2 (Tabel 1). Pada diagram ternary terlihat bahwa bauksit laterit terdistribusi kearah dengan kecenderungan Al_2O_3 tinggi (Gambar 11).

Hasil sumur uji menunjukkan adanya lapisan penutup bervariasi dari 0,5 m – 3 m. Di bawah lapisan penutup terlihat nodul-nodul atau konkresi bauksit dengan ketebalan bervariasi dari 1 m – 5 m. Di bawah lapisan bauksit pada umumnya

dijumpai zona peralihan sebelum mencapai batuan segar dengan ketebalan rata-rata bauksit laterit mencapai 2,6 m dan rata-rata ketebalan tanah penutup 1,74 m (Tabel 2).

Perbandingan berat bauksit tercuci kering diudara dengan berat bauksit kotor (faktor konkresi) ditampilkan dalam Tabel 3, dengan rata-rata faktor konkresi bauksit 0,58% dan berat jenis 1,22 gr/cm_3 .

Keberadaan bauksit laterit di daerah penyelidikan terdapat pada kemiringan lereng 10° s.d 14° (Gambar 12). Gambaran penyebaran vertikal bauksit laterit di daerah penyelidikan dapat dijelaskan dari korelasi



Gambar 11. Diagram Ternary distribusi $Al_2O_3 - Fe_2O_3 - SiO_2$ dari analisis kimia unsur (modifikasi dari Winchester and Floyd, 1977)

Tabel 2. Nilai statistik ketebalan lapisan bauksit dan tanah penutup

	Jumlah Test Pit	Minimum (m)	Maximum (m)	Mean (m)	Std. Deviation (m)
Tanah Penutup	15	0,50	3,00	1,74	0,73
Bauksit	15	1,00	5,00	2,60	1,18

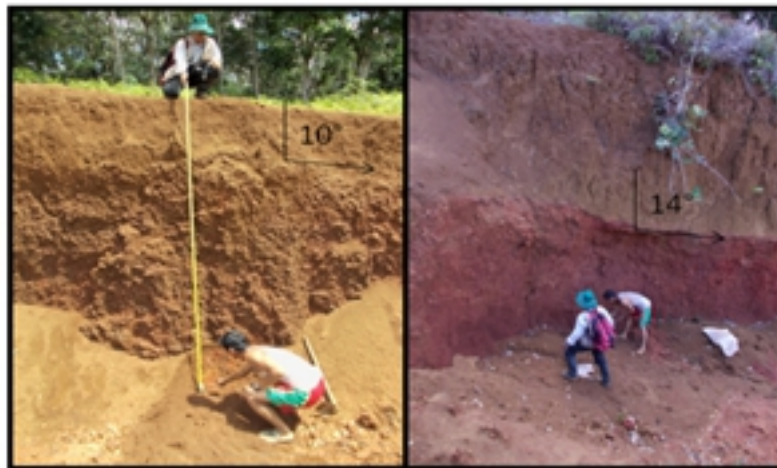
Tabel 3. Nilai statistik hasil faktor konkresi conto bauksit di daerah Sepiluk-Senaning

	BeratKotor (Kg)	BeratBersih (Kg)	Faktor Konkresi (%)
Jumlah Conto	39	39	
Data Error	0	0	0
Mean	3,95	2,25	0,58
Std. Deviation	0,62	0,57	0,12
Minimum	2,92	0,27	0,06
Maximum	5,75	3,35	0,72

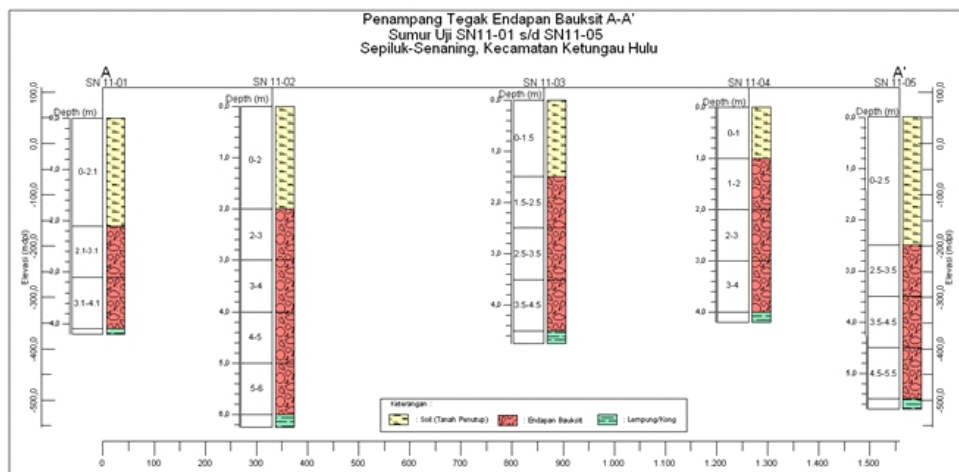
antara penampang sumur uji berarah tenggara-baratlaut yang mengkorelasikan sumur uji SN11-01 sampai dengan SN11-05 (Gambar 13). Hasil korelasi tersebut memperlihatkan bauksit laterit menipis ke arah tenggara – baratlaut. Pada sumur uji SN11-06 s.d. SN11-12 juga terlihat penyebaran bauksit laterit menipis ke arah tenggara - baratlaut dan laterit lempung semakin menebal (Gambar 14).

Sumber bauksit laterit di daerah

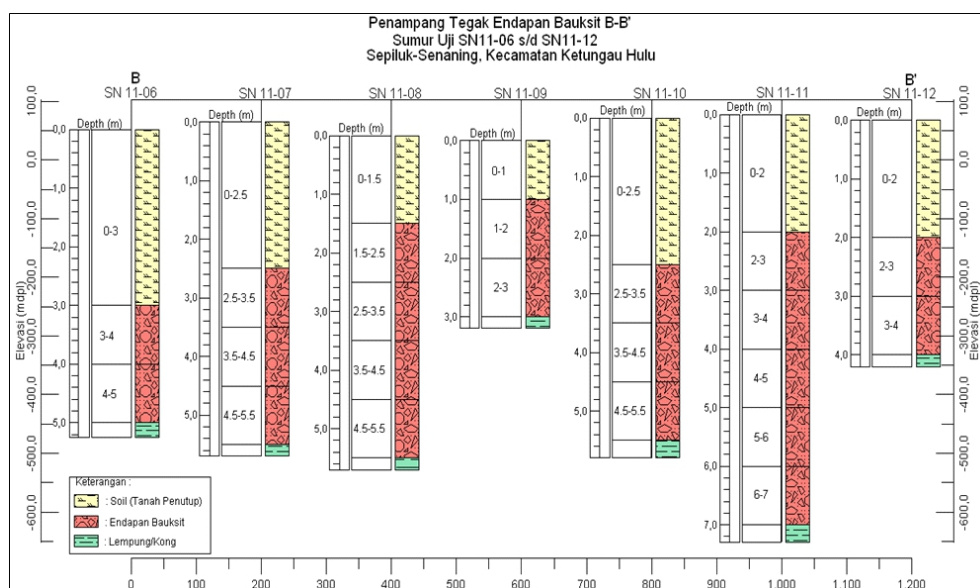
penyelidikan adalah batuan gunungapi Pra-Tersier dengan jenis fonolit. Batuan ini bersifat asam-menengah yang kaya kandungan unsur aluminium dengan mineral gipsit, felspar dan *cliachit*, yang mudah larut kemudian mengalami proses laterisasi yaitu proses perubahan suhu secara ekstrim dan terus menerus sehingga batuan mengalami pelapukan. Bauksit laterit pada hasil sumur uji umumnya berwarna coklat kekuningan hingga coklat kemerahan, kompak, rapuh-



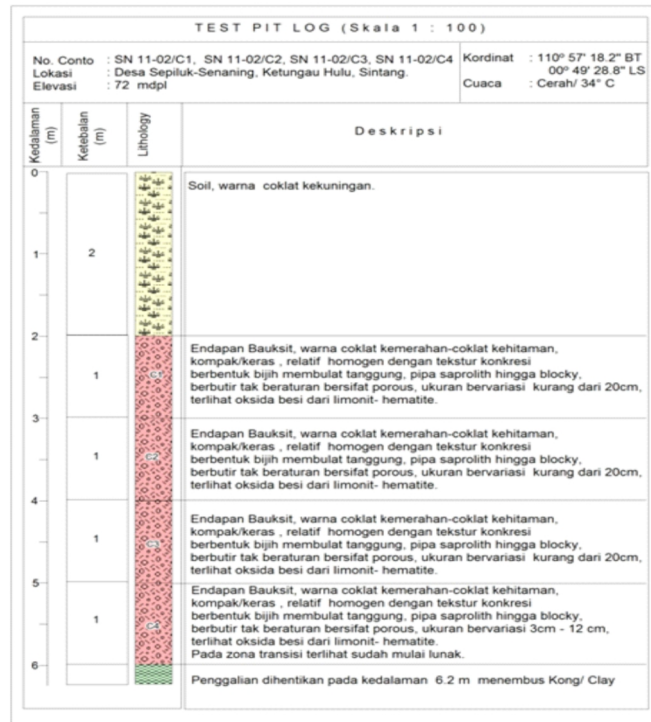
Gambar 12. Kemiringan Bauksit Laterit di daerah penyelidikan



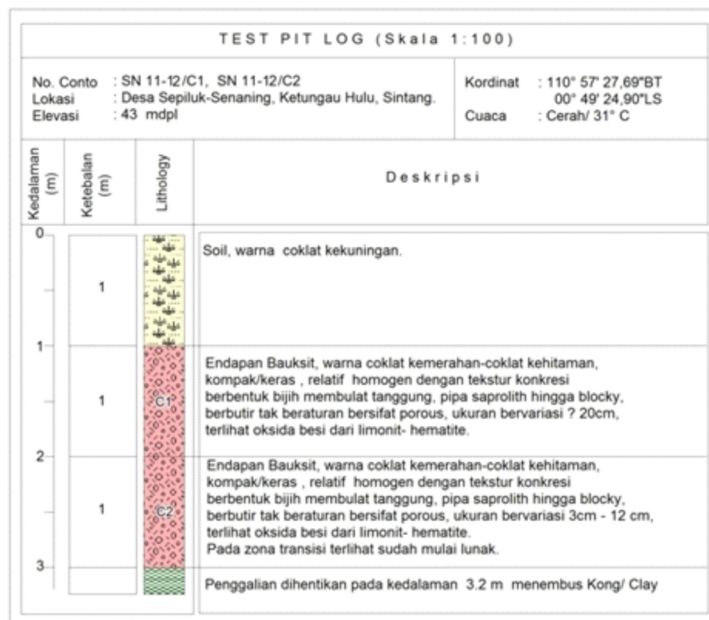
Gambar 13. Penampang Tegak Bauksit Laterit Sumur Uji SN 11-01 s.d. SN11-05



Gambar 14. Penampang Tegak Bauksit Laterit Sumur Uji SN 11-06 s.d. SN11-12



Gambar 15. Deskripsi Sumur Uji SN11-02



Gambar 16. Deskripsi Sumur Uji SN11-12

keras dengan bentuk butir membulat tanggung, relatif homogen membentuk pipa saprolit hingga *blocky*. Deskripsi sumur uji SN11-02 dan SN11-12 ditampilkan dalam Gambar 15 dan Gambar 16 dengan kedalaman sumur uji maksimal mencapai 7,20 m.

KESIMPULAN

Keberadaan cebakan bauksit di daerah penyelidikan terbentuk pada kemiringan lereng 10° s.d. 14°, mengansumsikan bahwa semakin kecil sudut kemiringan lereng, maka semakin luas akumulasi bauksit laterit jika dibandingkan dengan sudut kemiringan yang besar. Cebakan bauksit di daerah penyelidikan terbentuk pada batuan yang banyak memiliki kandungan unsur

aluminium dengan mineral gipsit, felspar dan *cliahit*, yang mengalami proses laterisasi di daerah tropis. Bauksit laterit di daerah ini memiliki komposisi utama gipsit, felspar dan *cliahit* pada batuan beku fonolit. Sebaran bauksit ini hanya setempat-setempat yang menunjukkan bahwa proses terjadinya dipengaruhi oleh erosi yang intensif. Faktor topografi/kemiringan juga sangat berperan dalam terbentuknya akumulasi bauksit laterit.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada teman-teman yang telah memberikan masukan sehingga dapat diterbitkan dalam Buletin Sumber Daya Geologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim 2011, Eksplorasi Umum Bauksit di Kabupaten Sintang, Provinsi Kalimantan Barat, Pusat Sumber Daya Geologi.
- Anonim 2007, Inventarisasi Dan Penyelidikan Mineral Dan Batubara Daerah Perbatasan Sintang, Provinsi Kalimantan Barat Dengan Malaysia, Pusat Sumber Daya Geologi.
- Anonim 2000, Tata Cara Pembuatan Sumur Uji Secara Manual (SNI 03-6376-2000), Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim 1999, Penentuan Faktor Konkresi Biji Bauksit (SNI 13-6179-1999), Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim 1994, Laporan Eksplorasi ANTAM, Daerah KP DU. 1144/KALBAR, Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat, PT.ANTAM.
- Anonim 1974, On The Establishment of Bauxite Mining Alumina Refining and Aluminum Smelting Enterprises in Indonesia, Volume I & II, PT. Alcoa Mineral of Indonesia.
- Casimiro and d'Avila, 1975, Laterite Type Bauxite and Clayed Bauxite in Municipio de Lajes, Santa Catarina.
- Eggleton, R. A. (ed.) 2001, The Regolith Glossary: surficial geology, soils and landscapes. CRC LEME, Wembley.
- Heryanto. R, Harahap. B.H, Sanyoto.P, Williams.P.R, Pieters.P.E, 1993; Geologi Lembar Sintang, Kalimantan, Skala 1 : 250.000, Puslitbang Geologi, Bandung.
- Winchester, J.A., Floyd, P.A., 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. Chemical Geology 20, page 325-344.

Diterima tanggal 10 Maret 2012
Revisi tanggal 28 April 2012

**PEMODELAN GEOLOGI BATUBARA
DAERAH MARANGKAYU KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA
MENGUNAKAN COAL RESOURCES AND RESERVES
EVALUATION SYSTEM**

**COAL GEOLOGY MODELLING
AT MARANGKAYU AREA, KUTAI KARTANEGARA REGENCY
BY USING COAL RESOURCES AND RESERVES
EVALUATION SYSTEM**

Oleh:

Jimmy Dharmawan

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

SARI

Pemodelan geologi batubara daerah Marangkayu, Kabupaten Kutai Kartanegara merupakan pengembangan dari pekerjaan penelitian batubara bersistem yang dilakukan oleh Pusat Sumber Daya Geologi setiap tahunnya, seluruh data hasil penelitian diproses menjadi basis data batubara dan dievaluasi, sehingga menghasilkan suatu interpretasi bawah permukaan tentang lapisan batubara, baik itu korelasi bentuk dan strukturnya. Pekerjaan pemodelan ini menggunakan perangkat lunak yang dihasilkan dari kerja sama antara NEDO (Jepang) dan Pusat Sumber Daya Geologi dan dinamai *Coal Resources and Reserves Evaluation System (CRRES)*. Data hasil pemodelan merupakan data yang berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) dan hasilnya dapat diakses oleh berbagai pihak berdasarkan keperluan menurut tingkatan data melalui media internet. Pekerjaan pemodelan adalah pekerjaan dalam ruangan, hampir semua kegiatan pemodelan dilakukan di kantor. Hasil pemodelan dapat berubah sewaktu-waktu apabila ada penambahan data berupa lokasi titik bor baru, singkapan baru dan tatanan topografi baru.

Kata kunci: Marangkayu, CRRES, SIG, pemodelan geologi

ABSTRACT

Geological modeling on Marangkayu coal area in Kutai Kartanegara Regency was the follow-up process of systematical coal prospect mapping done by Center for Geological Resources annually, where all of the research results had been processed into one integrated coal database and evaluated, in order to produce various underground coal seam interpretation such as its correlation, form and structure. The modeling process was conducted with software application developed by joint study between NEDO (Japan) and Center for Geological Resources that called as CRRES. The result are data that based on Geographic Information System (GIS) format and can be access through the internet. The data access as based on its aim and level. The work was deskwork which most of time done in the office. The modeling result can change depend on more additional data such as new drillhole, outcrops and topographic shape.

Keywords : Marangkayu, CRRES, GIS, geological modeling

PENDAHULUAN

Secara administratif daerah kajian termasuk wilayah Kecamatan Marangkayu, Kabupaten Kutai Kertanegara, Provinsi Kalimantan Timur (Gambar 1). Luas daerah kajian batubara daerah Marangkayu adalah 6.515 hektar.

Maksud dilakukannya pemodelan geologi daerah Marangkayu ini adalah untuk memanfaatkan perangkat lunak *Coal Resources and Reserves Evaluation System (CRRES)* hasil pengembangan pihak *New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO)* Jepang dan Pusat Sumber Daya Geologi (PSDG) Badan Geologi. Tujuannya adalah menghitung sumber daya dan cadangan batubara daerah Marangkayu yang hasilnya disajikan dalam bentuk tiga dimensi berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG).

Pemodelan geologi merupakan representasi bawah permukaan yang ditampilkan secara terkomputerisasi berdasarkan pengamatan geologi dan

geofisika (Wikipedia, 2012). Pemodelan geologi ini mempergunakan antara lain data setara numerik, konfigurasi, korelasi, bentuk dan struktur lapisan batubara.

CRRES merupakan sistem terpadu yang mencakup proses alur kerja mulai dari pengumpulan data geologi hingga proses pendukung keputusan. *CRRES* juga mencakup fungsi kompleks seperti mengedit data spasial, *query* spasial, analisis spasial, memasukkan/menghapus/menyisipkan/memutakhirkan data spasial, manajemen basis data dan fungsi sistem administrasi. *CRRES* juga memiliki server aplikasi web sebagai sub sistem yang berfungsi menyajikan data hasil pemodelan geologi dan evaluasi kepada publik.

Coal Mine Analyst (CMA) merupakan aplikasi yang diciptakan bersamaan dengan pembuatan *CRRES*, *CMA* dipakai untuk mengolah data yang ada dalam basis data menjadi model tiga dimensi yang sifat endapannya berlapis seperti lapisan batubara. *CMA* merupakan aplikasi yang digunakan pada proses evaluasi.



Gambar 1. Lokasi daerah pemodelan geologi batubara

CMA merupakan aplikasi tambahan (*plugin*) pada program ArcGIS dan dibuat berdasarkan pada prinsip umum stratigrafi tentang urutan lapisan. Sesuai dengan prinsip stratigrafi tersebut, CMA membuat model lapisan batubara daerah kajian dengan mengikuti pola struktur yang mempengaruhi bentuk sehingga tidak saling berpotongan.

Data yang dipakai terdiri dari 11 data lubang bor, 110 data singkapan batubara dan data hasil laboratorium untuk 13 conto batubara.

METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam pekerjaan ini adalah:

I. Inventarisasi Data

Pekerjaan inventarisasi data adalah mengumpulkan data yang akan dipakai dalam proses pemodelan yaitu data hasil eksplorasi daerah Marangkayu (Anonim, 2002). Selain data hasil eksplorasi, data pendukung lain yang dikumpulkan adalah data administratif, jalan, pemukiman, sungai dan tata guna lahan.

II. Pembuatan Database (*Form Database*)

Data yang diperoleh dari hasil penyelidikan batubara daerah Marangkayu kemudian dikelompokkan menjadi beberapa tabel pengisian. Uraian tiap tabel tersebut adalah sebagai berikut:

Coal Seam Definition

Tabel ini menjelaskan jumlah lapisan batubara (notasi ID) disertai nama tiap lapisannya (*SeamName*).

Collar

Tabel ini menjelaskan jumlah titik bor (*BoreHoleName*), nama titik bor, koordinat titik bor dalam meter (X untuk garis bujur dan Y untuk garis lintang), elevasi titik bor sengan satuan meter di atas permukaan laut (Z), total kedalaman dalam meter (*TotalDepth*), tahun pengeboran (*Year Drilled*) dan institusi yang melakukan pengeboran (*Company*).

Litho

Tabel ini berisi data nomor urut identifikasi lubang bor (*SEQ NO*), nama titik bor (*BoreHoleName*), *from-to* lapisan batuan, ketebalan tiap lapisan batuan (*Thickness*), kemiringan lapisan batuan (*Dip*), tipe batuan (*RockType*), nama lapisan

batubara (*SeamName*), nama contoh batubara (*Sample ID*) dan komentar (*Comment*). Data *from-to* adalah data yang menjelaskan hasil rekaman ketebalan pada batuan hasil pemboran dalam meter untuk setiap tipe batuan dimana *from* adalah bagian atas lapisan (*top*) dan *to* adalah bagian bawah lapisan (*bottom*).

Outcrop Location

Tabel ini menjelaskan singkapan batubara berupa nama singkapan (*Ourcrop No*), koordinat lokasi singkapan (X dan Y), elevasi (Z), nilai arah jurus (*Strike*), kemiringan lapisan (*Dip*) serta tipe pengukuran singkapan (*Type*). Tipe pengukuran singkapan adalah pengukuran singkapan berdasarkan ketebalan lapisan batubara. Apabila *top* dan *bottom* dari suatu singkapan batubara terlihat jelas dan ketebalannya dapat diukur, maka termasuk tipe M1. Apabila ketebalan hanya dapat diukur dari *top* atau *bottom* saja maka termasuk tipe M2; sedangkan tipe U dimana ketebalan singkapan batubara tidak dapat dihitung.

Outcrop Lithology

Tabel ini sama seperti halnya tabel *Litho* akan tetapi terfokus hanya kepada singkapan batubara, terdiri dari nomor urut identifikasi singkapan (*SEQ NO*), nama singkapan (*Outcrop No*), *from-to*, ketebalan lapisan batubara (*Thickness*), kemiringan lapisan (*Dip*), tipe batuan (*RockType*), nama lapisan batubara (*SeamName*), tipe pengukuran singkapan (*MeasureType*) dimana pada prinsipnya sama dengan kolom penjelasan pada tabel *Outcrop Location*. Nilai *From* dan *To* harus memiliki nilai, hal ini untuk memudahkan sistem menggunakan data untuk proses perhitungan karena sistem tidak mentolerir data tanpa nilai (*null*); nama contoh batubara (*Sample ID*) dan komentar (*Comment*).

Quality Original

Tabel ini berisi seluruh data kualitas batubara sebelum dilakukan proses kalkulasi. Data tersebut berupa nama daerah pemodelan (*AreaName*), nama titik bor (*BoreHoleName*), nama lapisan batubara (*Coal Seam*), *from-to* pengambilan conto batubara, nama conto (*Sample No*), analisis proksimat yang terdiri dari dasar analisis (Basis (P)), kelembaban (M (%)), kadar abu (A (%)), zat terbang (Vol (%)), *Fixed Carbon* (FC (%)), *total sulfur* (Total S (%)), nilai kalori (CV (kcal/kg)), analisis ultimat dan petrografi.

Tabel 1. Data korelasi lubang bor

Lubang Bor	Elevasi (mdpl)*	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Nama Lapisan
BH-07	83	8,8 – 10,05	1,25	B10
BH-04	79	46,05 - 47	0,95	B9
BH-05	44	5,3 – 7,7	2,4	B9
BH-06	56	8 – 11,3	3,3	B9
BH-03	60	16 – 17,1	1,1	B6
BH-08	54	54 – 54,6	0,6	B3
BH-02	42	18,5 – 19,3	0,8	B3
BH-02	42	73,6 – 74,5	0,9	B2
BH-01	85	3 – 4,3	1,3	P4
BH-01	85	69,9 – 70,8	0,9	P3

(mdpl)* meter dari permukaan laut

Quality Calculation

Tabel ini menjelaskan data kualitas batubara yang telah di kalkulasi (data komposit) dari tabel *Quality Original*. Dalam proses pemodelan, kolom ini yang akan digunakan untuk membuat peta *isopach* kualitas dari beberapa data pada tabel *Quality Original*. Untuk daerah Marangkayu tabel *Quality Calculation* sama dengan tabel *Quality Original* karena tidak adanya data *ply sample*.

III. Verifikasi data

Verifikasi data dilakukan untuk memastikan apakah data yang sudah dimasukkan ke basis data merupakan data sah. Apabila tidak, maka bisa saja data tersebut tidak digunakan dalam proses pemodelan. Data yang di verifikasi mencakup seluruh data hasil eksplorasi dan data pendukung lain.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada dasarnya pemodelan geologi dengan *CRRES* menitik beratkan pekerjaan pada perhitungan sumber daya dan cadangan batubara disertai dengan pembuatan data pendukung umum lainnya seperti korelasi lubang bor, peta struktur kontur lapisan batubara, peta geologi, peta *isopach* (*ash, sulfur, thickness, moisture, calorie*) hingga bentuk tiga dimensi (3D) bawah permukaan dari daerah Marangkayu. Proses pemodelan Sumber Daya dan Cadangan berdasarkan kepada Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomor 13-6011-1999 tentang Klasifikasi Sumber Daya Cadangan Batubara.

Korelasi Lubang Bor

Terdapat 11 lokasi pengeboran di daerah ini. Dari hasil deskripsi satuan batuan tiap lubang bor didapati bahwa ada 8 lubang bor yang menembus tujuh lapisan batubara. Korelasi lubang bor ini bertujuan menghubungkan tiap lapisan batubara yang memiliki ciri, baik itu ciri batuan dan geologi yang sama dan dasar pengkorelasiian lubang bor adalah elevasi dari lokasi tiap lubang bor (Gambar 2). Data korelasi lubang bor dapat dilihat pada Tabel 1.

Struktur Kontur Lapisan Batubara

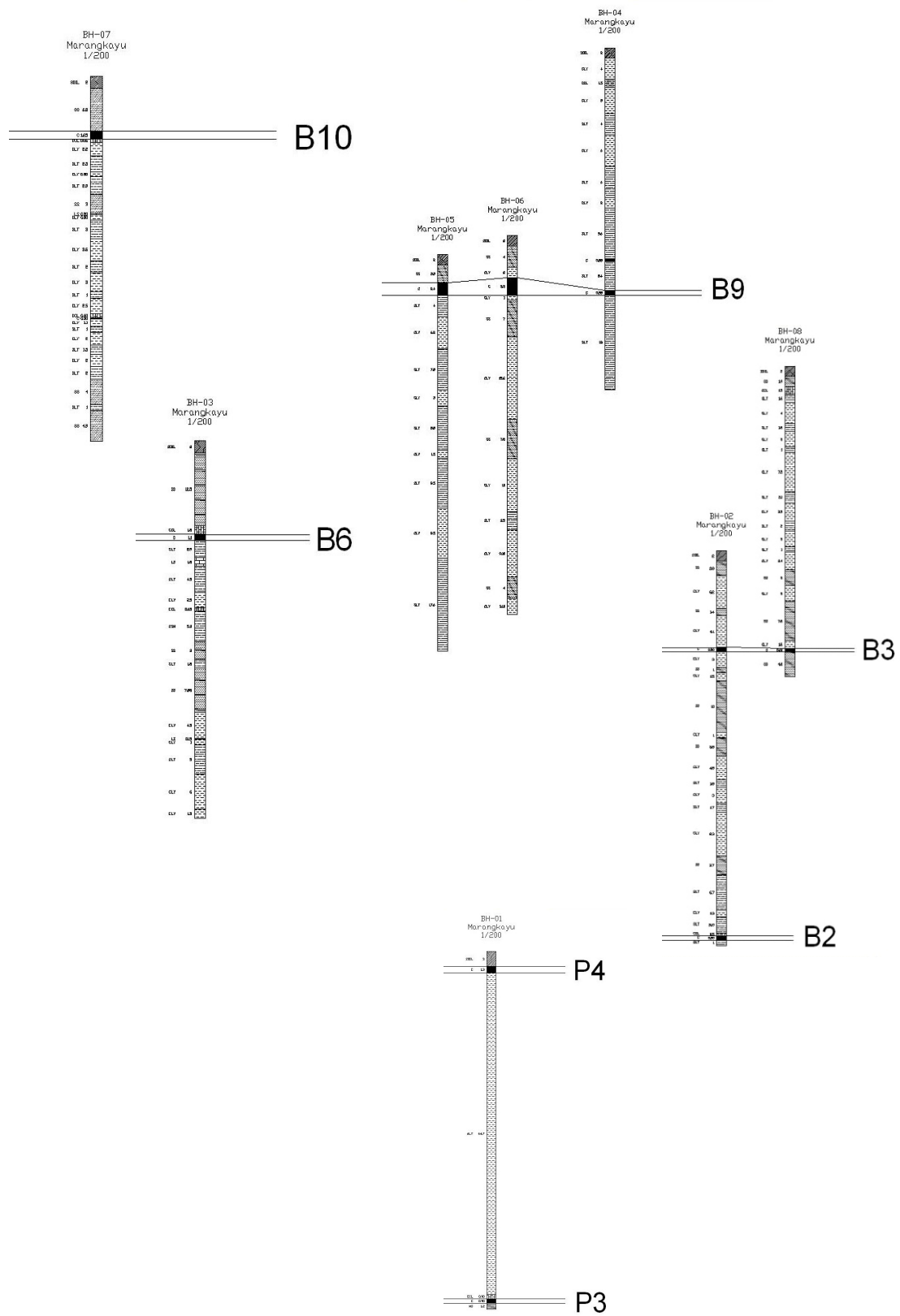
Daerah Marangkayu memiliki tujuh (7) lapisan batubara dengan ketebalan yang berbeda-beda. Ke-tujuh lapisan tersebut diberi nama B2, B3, B6, B9, B10, P3 dan P4. Struktur geologi yang berkembang pada daerah ini tidak mempengaruhi bentuk dan pelampiran lapisan batubara, sehingga tipe pemodelan struktur yang dipilih adalah *simple* (Gambar 3). Struktur kontur batubara dibuat dengan jarak 50 m.

Peta Geologi

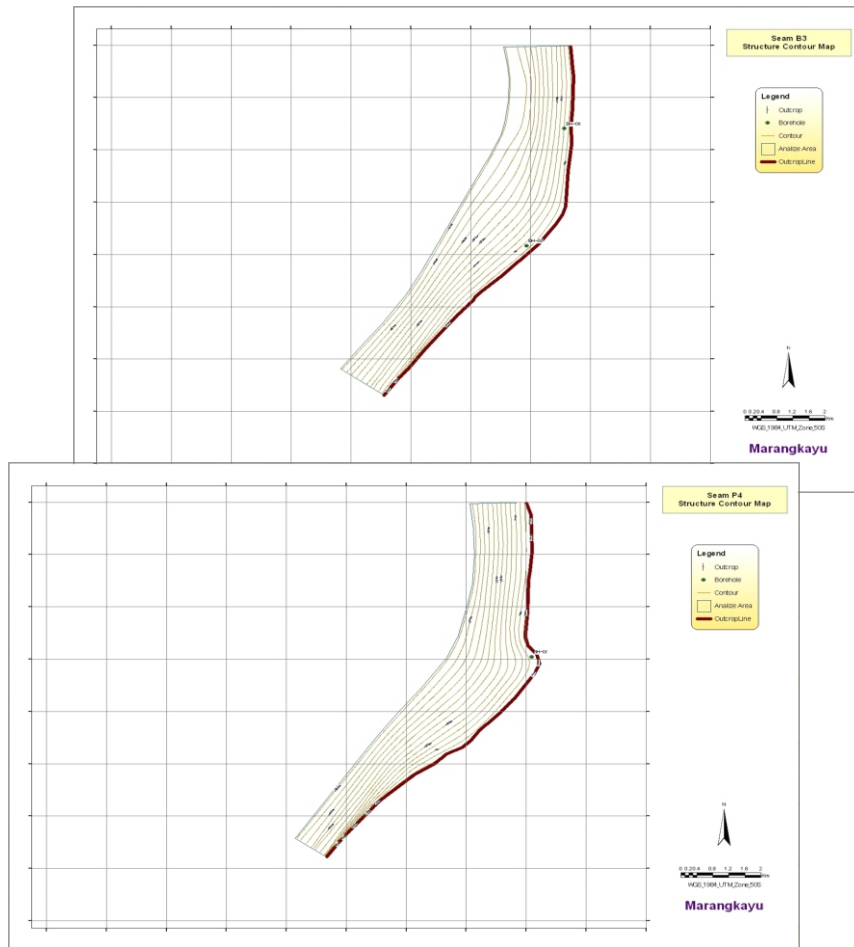
Peta geologi hasil pemodelan ini adalah perpaduan dari data sungai, lokasi singkapan, lokasi titik bor, garis kontur ketinggian, garis singkapan lapisan batubara, data infrastruktur seperti jalan dan desa (Gambar 4). Peta geologi yang dihasilkan *CRRES* berbeda dengan peta geologi pada umumnya dikarenakan tidak tersedianya sumber data seperti batas formasi batuan dan deskripsinya.

Peta Isopach

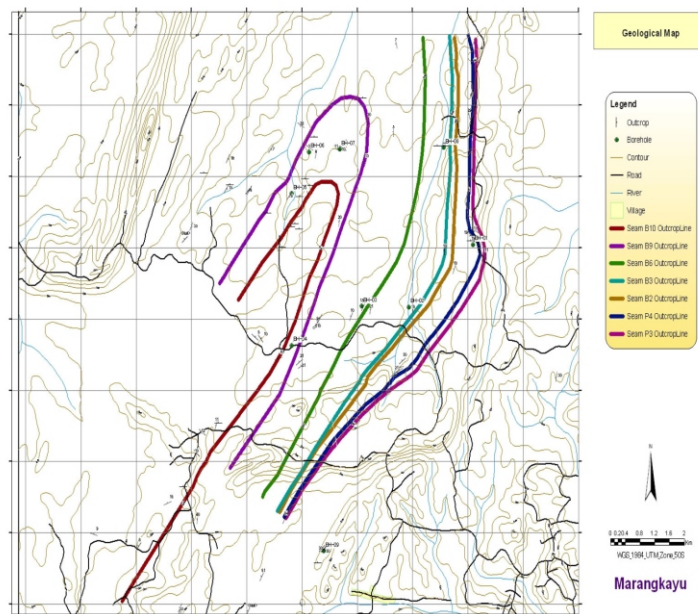
Peta *isopach* adalah peta yang



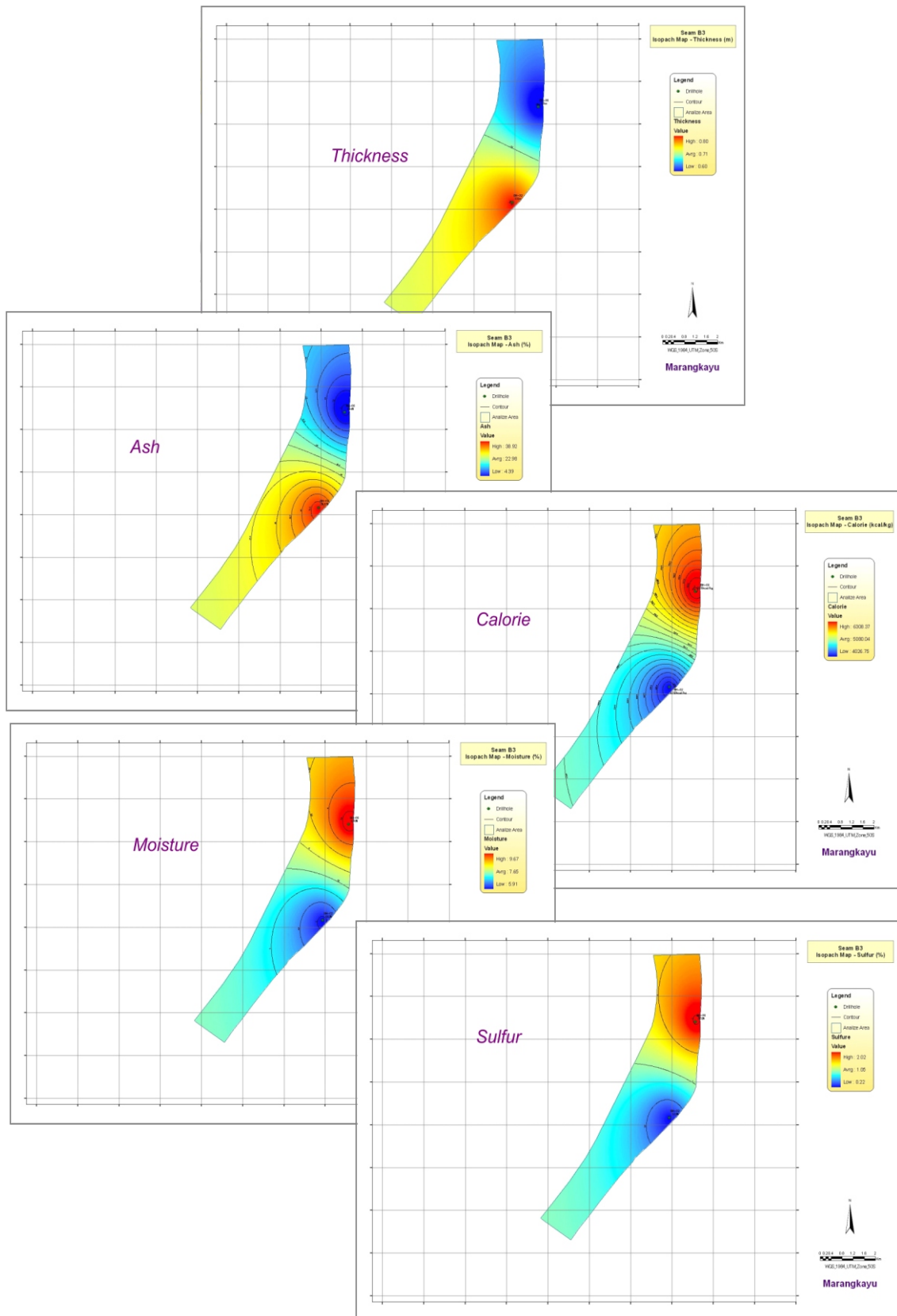
Gambar 2. Korelasi lubang bor daerah Marangkayu



Gambar 3. Peta struktur kontur lapisan batubara B3 dan P4



Gambar 4. Peta geologi daerah Marangkayu yang di hasikan oleh CRRES



Gambar 5. Peta isopach lapisan batubara B3

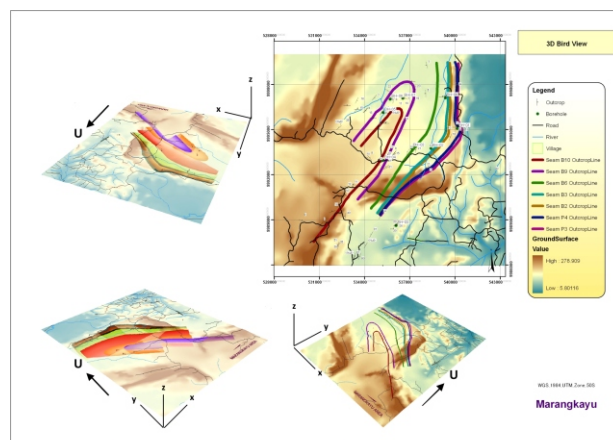
Peta 3D BirdView

Peta ini menggambarkan kondisi bawah permukaan daerah Marangkayu. Data yang digabungkan adalah data permukaan seperti topografi, sungai, singkapan serta data *raster* dari tiap lapisan batubara. Data 3D *BirdView* ini bersifat dinamis, dapat dimanipulasi menjadi data bergerak (video) sehingga gambaran bawah permukaan menjadi lebih nyata (Gambar 6).

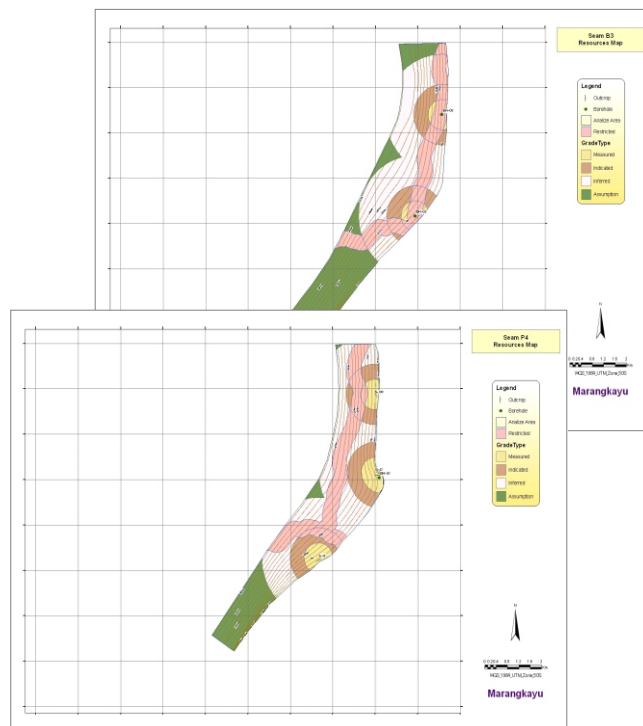
Peta Sumber Daya Batubara

Peta sumber daya batubara yang dihasilkan dari pemodelan ini dibuat berdasarkan ketentuan yang diatur dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomor

13-6011-1999 tentang Klasifikasi Sumber Daya Cadangan Batubara untuk tiap daerah baik itu pada tingkatan *Measured, Indicated, Inferred dan Assumption*, dimana tingkat *Assumption* dapat disamakan dengan Hipotetik. Dalam peta ini juga disertakan daerah yang terbatas (*Restricted Area*) yang merupakan daerah tidak boleh ditambah karena memperhitungkan obyek seperti sungai utama, jalan dan pemukiman. *Restricted Area* tidak berdasarkan SNI melainkan kesepakatan internal PSDG yang memutuskan bahwa jarak buffer adalah 500 meter dari garis sisi terluar aliran sungai utama, jalan dan pemukiman (Gambar 7).



Gambar 6. Peta 3D *BirdView* Daerah Marangkayu



Gambar 7. Peta sumber daya batubara lapisan B3 dan P4

Tabel 2. Jumlah perhitungan sumber daya dan cadangan daerah Marangkayu

Area	Seam	Tebal Rata-rata (m)	Sumberdaya (Jt)*			Cadangan (Jt)*		
			Mineable	Restricted	Total	Open Cut	Under ground	Total
Marangkayu	B10	1,25	13,330	635	13,965	11,996	0	11,996
	B2	0,9	18,287	5,940	24,227	4,159	6,831	10,990
	B3	0,71	34,939	4,423	39,362	7,689	13,199	20,888
	B6	1,1	31,221	2,051	33,272	8,116	11,104	19,220
	B9	2	35,390	941	36,331	29,373	1,375	30,748
	P3	0,9	17,435	5,879	23,314	6,264	5,234	11,498
	P4	1,3	25,658	8,832	34,490	8,937	7,865	16,802
			176,260	28,701	204,961	76,534	45,608	122,142

*(Jt) = Juta ton

Perhitungan Sumber Daya dan Cadangan Batubara

Perhitungan sumber daya dan cadangan batubara daerah Marangkayu juga memperhitungkan daerah terbatas (*Restricted Area*). Perhitungan dengan *CRRES* menyertakan beberapa parameter perhitungan seperti *Mask Polygon* (data poligon yang menjadi acuan perhitungan, umumnya merupakan poligon *seam* batubara), *Specific Gravity* (perbandingan besaran nilai massa terhadap volume), *Safety* (tingkat perbandingan *recovery open pit* terhadap *underground*), *Interval* (representasi jarak perhitungan kedalaman), *Level From* (titik ketinggian dimulainya perhitungan) dan *Level To* (titik kedalaman diakhirinya perhitungan). Jumlah perhitungan sumberdaya dan cadangan daerah ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Perhitungan sampai dengan kedalaman -550 meter dari permukaan (elevasi) menghasilkan total sumber daya 204.961.000 ton, dengan sumber daya yang bisa ditambang (*Mineable*) adalah 176.260.000 ton dan sumber daya tidak bisa ditambang (*Restricted*) sebesar 28.701.000 ton. Pemodelan geologi ini juga menghasilkan peta-peta dan tampilan tiga dimensi yang lebih dapat memvisualisasikan lapisan batubara daerah Marangkayu secara lebih rinci.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil pemodelan geologi batubara daerah kajian Marangkayu memberikan hasil yang lebih dapat dipahami melalui penyertaan peta-peta dan hasil visualisasi dalam 3D. Pemodelan geologi menggunakan *CRRES* dapat membantu dalam penentuan daerah prospek yang lebih rinci dengan melakukan beberapa proses *overlay* atau tumpang tindih data yang tersedia.

CRRES akan sangat membantu untuk perhitungan sumberdaya dan cadangan batubara hasil penelitian PSDG, oleh karena itu sangat disarankan untuk melakukan penambahan pemodelan geologi daerah penelitian batubara yang lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Sub Bidang Pengembangan Informasi dan Kepala Sub Bidang Keprospekan yang sudah memberikan kesempatan untuk bisa menulis dalam buletin ini. Terima kasih juga kepada Irfan Ostman ST atas masukannya tentang dasar-dasar GIS.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, Peta Isopach, <http://duniamigas.wordpress.com/2008/09/21/subsurface-mapping/> diakses tanggal 24 Oktober 2012

Anonim, SNI 13-6011-1999 tentang Klasifikasi Sumber Daya dan Cadangan Batubara, Badan Standarisasi Nasional

Anonim, Tim Inventarisasi Batubara Bersistem, Sub-Dit Batubara, 2002. Inventarisasi Endapan Batubara Bersistem Di Daerah Marangkayu dan Sekitarnya, Kabupaten Kutai Kertanegara, Propinsi Kalimantan Timur, Bandung

Wikipedia, ArcGIS, <http://en.wikipedia.org/wiki/ArcGIS> diakses tanggal 24 Oktober 2012

Wikipedia, Geologic Modelling, http://en.wikipedia.org/wiki/Geologic_modelling diakses tanggal 1 November 2012

Diterima tanggal 12 Juni 2012 Revisi tanggal 31 Juli 2012
--

**PEMODELAN GEOLOGI BATUBARA
DAERAH MARANGKAYU KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA
MENGUNAKAN COAL RESOURCES AND RESERVES
EVALUATION SYSTEM**

Oleh:

Jimmy Dharmawan

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

SARI

Pemodelan geologi batubara daerah Marangkayu, Kabupaten Kutai Kartanegara merupakan pengembangan dari pekerjaan penelitian batubara bersistem yang dilakukan oleh Kelompok Kerja Energi Fosil setiap tahunnya, dimana seluruh data hasil penelitian diproses menjadi database batubara dan dievaluasi, sehingga menghasilkan suatu interpretasi bawah permukaan tentang lapisan batubara baik itu korelasi, bentuk dan strukturnya. Pekerjaan pemodelan ini menggunakan perangkat lunak yang dihasilkan dari kerjasama antara NEDO (Jepang) dan Pusat Sumber Daya Geologi dan dinamai *Coal Resources and Reserves Evaluation System* (CRRES). Data hasil pemodelan merupakan data yang berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) dan hasilnya dapat diakses oleh berbagai pihak berdasarkan keperluan menurut tingkatan data melalui media internet. Pekerjaan pemodelan adalah pekerjaan dalam ruangan, dimana hampir semua kegiatan pemodelan dilakukan di kantor. Hasil pemodelan dapat berubah sewaktu-waktu apabila ada penambahan data berupa lokasi titik bor baru, singkapan baru dan tatanan topografi baru untuk daerah Marangkayu.

Kata Kunci: Marangkayu, CRRES, SIG, pemodelan geologi

ABSTRACT

Geological modeling on Marangkayu coal area in Kutai Kartanegara Regency was the follow-up process of sistematical coal prospect mapping done by fossil energy working team annually where all of the research results processed into one integrated coal database and evaluated become various underground coal seam interpretation such as its correlation, form and structure. The modeling process was conducted with software developed by joint study between NEDO (Japan) and Central for Geological Resources named CRRES. The modeling result data are based on Geographic Information System (GIS) format and can be access through internet by anyone. The data access based on its aim and level. The work was deskwork which most of time done in the office. The modeling result can change anytime depend on more additional data such as new drillhole, new outcrops and new topographic shape of Marangkayu area.

Keywords : Marangkayu, CRRES, GIS, geological modeling

PENDAHULUAN

Secara administratif daerah kajian termasuk wilayah Kecamatan Marangkayu, Kabupaten Kutai Kertanegara, Provinsi Kalimantan Timur (Gambar 1). Luas daerah kajian batubara daerah Marangkayu adalah 6.515 hektar.

Maksud dilakukannya pemodelan

geologi daerah Marangkayu ini adalah memanfaatkan perangkat lunak *Coal Resources and Reserves Evaluation System* (CRRES) hasil pengembangan pihak New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO) Jepang dan Pusat Sumber Daya Geologi (PSDG)

Badan Geologi. Tujuannya adalah menghitung sumber daya dan cadangan batubara daerah Marangkayu yang hasilnya disajikan dalam bentuk tiga dimensi berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG).

Pemodelan geologi merupakan representasi bawah permukaan yang ditampilkan secara terkomputerisasi berdasarkan pengamatan geologi dan geofisika (Wikipedia, 2012). Pemodelan geologi ini mempergunakan antara lain data setara numerik, konfigurasi, korelasi, bentuk dan struktur lapisan batubara.

CRRES merupakan sistem terpadu yang mencakup proses alur kerja mulai dari pengumpulan data geologi hingga proses pendukung keputusan. CRRES juga mencakup fungsi kompleks seperti mengedit data spasial, query spasial, analisis spasial, memasukkan/menghapus/menyisipkan/me mutakhirkan data spasial, management database dan fungsi sistem administrasi. CRRES juga memiliki server aplikasi web sebagai sub sistem yang berfungsi

menyajikan data hasil pemodelan geologi dan evaluasi kepada publik.

Coal Mine Analyst (CMA) merupakan aplikasi yang diciptakan bersamaan dengan pembuatan CRRES, CMA dipakai untuk mengolah data yang ada dalam database menjadi model tiga dimensi yang sifat endapannya berlapis seperti lapisan batubara. CMA merupakan aplikasi yang digunakan pada proses evaluasi.

CMA merupakan aplikasi tambahan (plugin) pada program ArcGIS dan dibuat berdasarkan pada prinsip umum stratigrafi tentang urutan lapisan. Sesuai dengan prinsip stratigrafi tersebut, CMA membuat model lapisan batubara daerah kajian dengan mengikuti pola struktur yang mempengaruhi bentuk sehingga tidak saling berpotongan.

Data yang dipakai terdiri dari 11 data lubang bor, 110 data singkapan batubara dan data hasil laboratorium 13 conto batubara.



Gambar 1. Lokasi daerah pemodelan geologi batubara

METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam pekerjaan ini adalah :

I. Inventarisasi Data

Pekerjaan inventarisasi data adalah mengumpulkan data yang akan dipakai dalam proses pemodelan yaitu data hasil eksplorasi daerah Marangkayu (Anonim, 2002). Selain data hasil eksplorasi, data pendukung lain yang dikumpulkan adalah data administratif, jalan, pemukiman, sungai dan tata guna lahan.

II. Pembuatan Database (*Form Database CRRES*)

Data yang diperoleh dari hasil penyelidikan batubara daerah Marangkayu kemudian dikelompokkan menjadi beberapa tabel pengisian. Uraian tiap tabel tersebut adalah sebagai berikut:

Coal Seam Definition

Tabel ini menjelaskan jumlah lapisan batubara (notasi ID) disertai nama tiap lapisannya (SeamName).

Collar

Tabel ini menjelaskan jumlah titik bor (BoreHoleName), nama titik bor, koordinat titik bor dalam meter (X untuk garis bujur dan Y untuk garis lintang), elevasi titik bor sengan satuan meter diatas permukaan laut (Z), total kedalaman dalam meter (TotalDepth), tahun pengeboran (Year Drilled) dan institusi yang melakukan pengeboran (Company).

Litho

Tabel ini berisi data nomor urut identifikasi lubang bor (SEQ NO), nama titik bor (BoreHoleName), from-to lapisan batuan, ketebalan tiap lapisan batuan (Thickness), kemiringan lapisan batuan (Dip), tipe batuan (RockType), nama lapisan batubara (SeamName), nama contoh batubara (Sample ID) dan komentar (Comment). Data from-to adalah data yang menjelaskan hasil rekaman ketebalan pada batuan hasil pemboran dalam meter untuk setiap tipe batuan dimana from adalah bagian atas lapisan (top) dan to adalah bagian bawah lapisan (bottom).

Outcrop Location

Tabel ini menjelaskan singkapan batubara berupa nama singkapan (Ourcrop No), koordinat lokasi singkapan (X dan Y), elevasi (Z), nilai arah jurus (Strike),

kemiringan lapisan (Dip) serta tipe pengukuran singkapan (Type). Tipe pengukuran singkapan adalah pengukuran singkapan berdasarkan ketebalan lapisan batubara. Apabila top dan bottom dari suatu singkapan batubara terlihat jelas dan ketebalannya dapat diukur, maka termasuk tipe M1. Apabila ketebalan hanya dapat diukur dari top atau bottom saja maka termasuk tipe M2 ; sedangkan tipe U dimana ketebalan singkapan batubara tidak dapat dihitung.

Outcrop Lithology

Tabel ini sama seperti halnya tabel Litho akan tetapi terfokus hanya kepada singkapan batubara, terdiri dari nomor urut identifikasi singkapan (SEQ NO), nama singkapan (Outcrop No), from-to, ketebalan lapisan batubara (Thickness), kemiringan lapisan (Dip), tipe batuan (RockType), nama lapisan batubara (SeamName), tipe pengukuran singkapan (MeasureType) dimana pada prinsipnya sama dengan penjelasan pada tabel Outcrop Location. Nilai From dan To harus memiliki nilai, hal ini untuk memudahkan sistem menggunakan data untuk proses perhitungan karena sistem tidak mentolerir data tanpa nilai (null) ; nama contoh batubara (Sample ID) dan komentar (Comment).

Quality Original

Tabel ini berisi seluruh data kualitas batubara sebelum dilakukan proses kalkulasi. Data tersebut berupa nama daerah pemodelan (AreaName), nama titik bor (BoreHoleName), nama lapisan batubara (Coal Seam), from-to pengambilan conto batubara, nama conto (Sample No), analisis proksimat yang terdiri dari dasar analisis (Basis (P)), kelembapan (M (%)), kadar abu (A (%)), zat terbang (Vol (%)), Fixed Carbon (FC (%)), total sulfur (Total S (%)), nilai kalori (CV (kcal/kg)), analisis ultimat dan petrografi.

Quality Calculation

Tabel ini menjelaskan data kualitas batubara yang telah di kalkulasi (data komposit) dari tabel Quality Original. Dalam proses pemodelan, kolom ini yang akan digunakan untuk membuat peta isopach kualitas dari beberapa data pada tabel Quality Original. Untuk daerah Marangkayu tabel Quality Calculation sama dengan tabel Quality Original karena tidak adanya data ply sample.

Tabel 1. Data korelasi lubang bor

Lubang Bor	Elevasi (mdpl)*	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Nama Lapisan
BH-07	83	8,8 – 10,05	1,25	B10
BH-04	79	46,05 - 47	0,95	B9
BH-05	44	5,3 – 7,7	2,4	B9
BH-06	56	8 – 11,3	3,3	B9
BH-03	60	16 – 17,1	1,1	B6
BH-08	54	54 – 54,6	0,6	B3
BH-02	42	18,5 – 19,3	0,8	B3
BH-02	42	73,6 – 74,5	0,9	B2
BH-01	85	3 – 4,3	1,3	P4
BH-01	85	69,9 – 70,8	0,9	P3

(mdpl)* meter dari permukaan laut

III. Verifikasi data

Verifikasi data dilakukan untuk memastikan apakah data yang sudah dimasukkan ke database merupakan data sah. Apabila data tidak, maka bisa saja data tersebut tidak digunakan dalam proses pemodelan. Data yang di verifikasi mencakup seluruh data hasil eksplorasi dan data pendukung lain.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada dasarnya pemodelan geologi dengan CRRES menitik beratkan pekerjaan pada perhitungan sumberdaya dan cadangan batubara disertai dengan pembuatan data pendukung umum lainnya seperti korelasi lubang bor, peta struktur kontur lapisan batubara, peta geologi, peta isopach (ash, sulfur, thickness, moisture, calorie) hingga bentuk tiga dimensi (3D) bawah permukaan dari daerah Marangkayu. Proses pemodelan Sumber Daya dan Cadangan berdasarkan kepada Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomor 13-6011-1999 tentang Klasifikasi Sumber Daya Cadangan Batubara.

Korelasi Lubang Bor

Terdapat 11 lokasi pengeboran di daerah ini. Dari hasil deskripsi satuan batuan tiap lubang bor didapati bahwa ada 8 lubang bor yang menembus tujuh lapisan batubara. Korelasi lubang bor ini bertujuan menghubungkan tiap lapisan batubara yang memiliki ciri baik itu ciri batuan dan geologi yang sama dan dasar pengkorelasi lubang bor adalah elevasi dari lokasi tiap lubang bor (Gambar 2). Data korelasi lubang bor dapat dilihat pada Tabel 1.

Struktur Kontur Lapisan Batubara

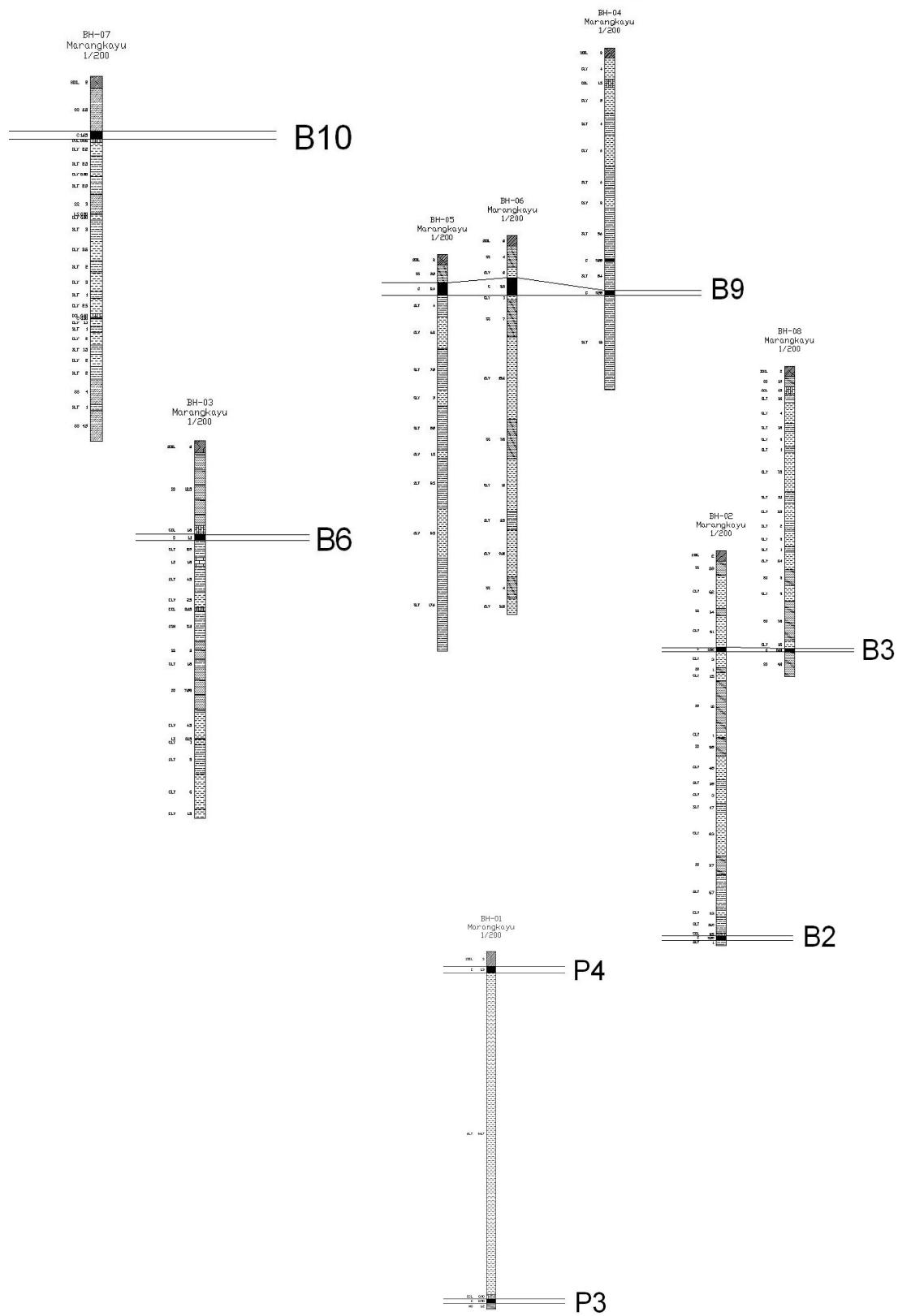
Daerah Marangkayu memiliki tujuh (7) lapisan batubara dengan ketebalan yang berbeda-beda. Ke-tujuh lapisan tersebut diberi nama B2, B3, B6, B9, B10, P3 dan P4. Struktur geologi yang berkembang pada daerah ini tidak mempengaruhi bentuk dan pelampiran lapisan batubara, sehingga tipe pemodelan struktur yang dipilih adalah simple (Gambar 3). Struktur kontur batubara dibuat dengan jarak 50 m.

Peta Geologi

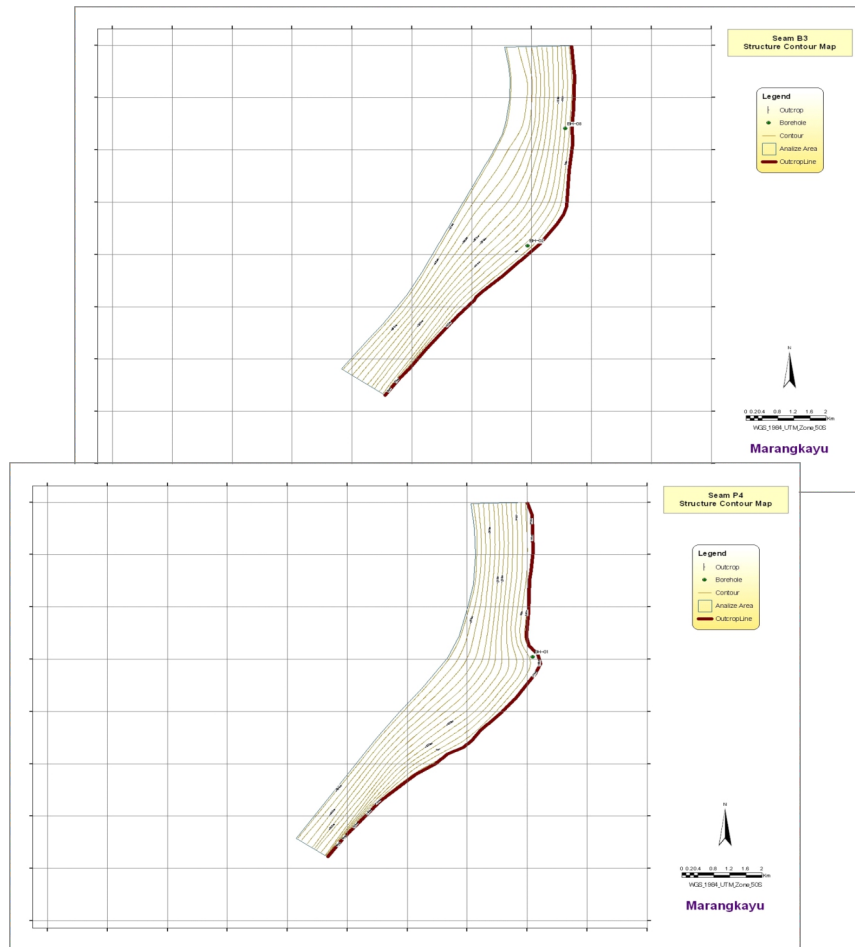
Peta geologi hasil pemodelan ini adalah perpaduan dari data sungai, lokasi singkapan, lokasi titik bor, garis kontur ketinggian, garis singkapan lapisan batubara, data infrastruktur seperti jalan dan desa (Gambar 4). Peta geologi yang dihasilkan CRRES berbeda dengan peta geologi pada umumnya dikarenakan tidak tersedianya sumber data seperti batas formasi batuan dan deskripsinya.

Peta Isopach

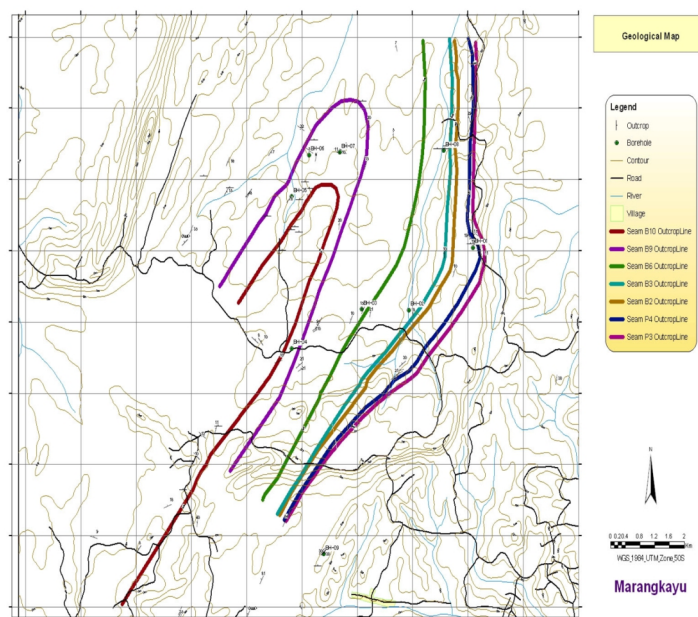
Peta isopach adalah peta yang menggambarkan suatu kesamaan nilai dari suatu titik atau lokasi yang menifestasinya berupa garis yang berhubungan (Anonim, 2008). Pada pemodelan daerah Marangkayu ini tidak semua lapisan batubara memiliki data kualitas untuk di model menjadi suatu peta isopach (Gambar 5). Tingkat perbedaan nilai tiap aspek hasil pemodelan digambarkan dengan gradasi warna, dimana merah menunjukkan nilai tertinggi dan biru terendah.



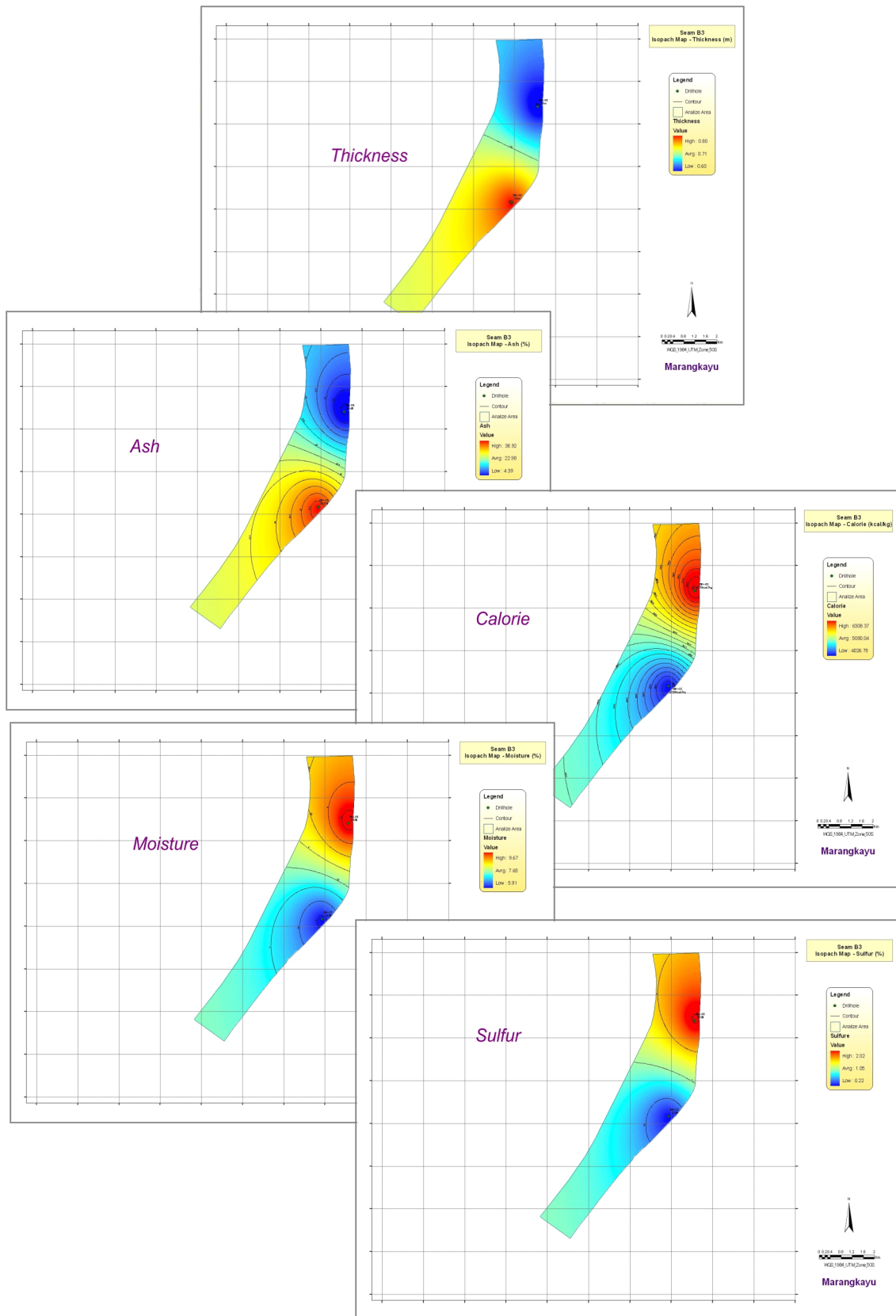
Gambar 4. Sketsa cara pengambilan contoh bauksit dengan sumur uji (modifikasi dari Anonim,1994 dan Anonim, 2000)



Gambar 3. Peta Struktur Kontour Lapisan Batubara B3 dan P4



Gambar 4. Peta geologi daerah Marangkayu yang di hasikan oleh CRRES



Gambar 5. Peta Isopach Lapisan Batubara B3

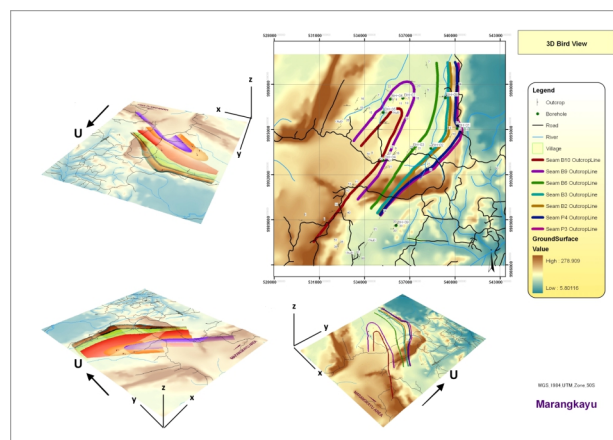
Peta 3D BirdView

Peta ini menggambarkan kondisi bawah permukaan daerah Marangkayu. Data yang digabungkan adalah data permukaan seperti topografi, sungai, singkapan serta data raster dari tiap lapisan batubara. Data 3D BirdView ini bersifat dinamis, dapat dimanipulasi menjadi data bergerak (video) sehingga gambaran bawah permukaan menjadi lebih nyata (Gambar 6).

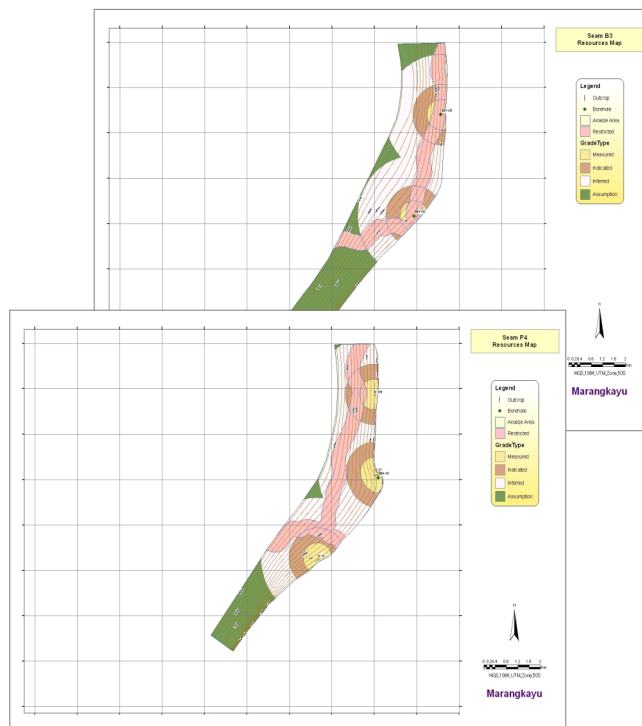
Peta Sumberdaya Batubara

Peta sumberdaya batubara yang dihasilkan dari pemodelan ini dibuat berdasarkan ketentuan yang diatur dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomor

13-6011-1999 tentang Klasifikasi Sumber Daya Cadangan Batubara untuk tiap daerah pengaruhnya baik itu pada tingkatan *Measured, Indicated, Inferred dan Assumption*, dimana tingkat *Assumption* dapat disamakan dengan Hipotetik. Dalam peta ini juga disertakan daerah yang terbatas (*Restricted Area*) yang merupakan daerah tidak boleh ditambah karena memperhitungkan obyek seperti sungai utama, jalan dan pemukiman. *Restricted Area* tidak berdasarkan SNI melainkan kesepakatan internal PSDG yang memutuskan bahwa jarak buffer adalah 500 meter dari garis sisi terluar aliran sungai utama, jalan dan pemukiman (Gambar 7).



Gambar 6. Peta 3D BirdView Daerah Marangkayu



Gambar 7. Peta Sumberdaya Batubara Lapisan B3 dan P4

Perhitungan Sumberdaya dan Cadangan Batubara

Perhitungan sumberdaya dan cadangan batubara daerah Marangkayu juga memperhitungkan daerah terbatas (*Restricted Area*). Perhitungan dengan CRRES menyertakan beberapa parameter perhitungan seperti Mask Polygon (data poligon yang menjadi acuan perhitungan, umumnya merupakan poligon seam batubara), *Specific Gravity* (perbandingan besaran nilai massa terhadap volume), *Safety* (tingkat perbandingan *recovery open pit* terhadap *underground*), Interval (representasi jarak perhitungan kedalaman), Level From (titik ketinggian dimulainya

perhitungan) dan Level To (titik kedalaman diakhirinya perhitungan). Jumlah perhitungan sumberdaya dan cadangan daerah ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Perhitungan sampai dengan kedalaman -550 meter dari permukaan (elevasi) menghasilkan total sumberdaya 204.961.000 ton, dimana sumberdaya yang bisa ditambang (*Mineable*) adalah 176.260.000 ton dan sumberdaya tidak bisa ditambang (*Restricted*) sebesar 28.701.000 ton. Pemodelan geologi ini juga menghasilkan peta-peta dan tampilan tiga dimensi yang lebih dapat memvisualisasikan lapisan batubara daerah Marangkayu secara lebih rinci.

Tabel 2. Jumlah perhitungan sumberdaya dan cadangan daerah Marangkayu

Area	Seam	Tebal Rata-rata (m)	Sumberdaya (Jt)*			Cadangan (Jt)*		
			Mineable	Restricted	Total	Open Cut	Under ground	Total
Marangkayu	B10	1,25	13,330	635	13,965	11,996	0	11,996
	B2	0,9	18,287	5,940	24,227	4,159	6,831	10,990
	B3	0,71	34,939	4,423	39,362	7,689	13,199	20,888
	B6	1,1	31,221	2,051	33,272	8,116	11,104	19,220
	B9	2	35,390	941	36,331	29,373	1,375	30,748
	P3	0,9	17,435	5,879	23,314	6,264	5,234	11,498
	P4	1,3	25,658	8,832	34,490	8,937	7,865	16,802
			176,260	28,701	204,961	76,534	45,608	122,142

*(Jt) = Juta ton

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil pemodelan geologi batubara daerah kajian Marangkayu dapat memberikan hasil yang lebih dapat dipahami melalui penyertaan peta-peta dan hasil visualisasi dalam 3D. Pemodelan geologi menggunakan CRRES dapat membantu dalam penentuan daerah prospek yang lebih rinci dengan melakukan beberapa proses overlay atau tumpang tindih data yang tersedia.

CRRES akan sangat membantu untuk perhitungan sumberdaya dan cadangan batubara hasil penelitian PSDG, oleh karena

itu sangat disarankan untuk melakukan penambahan pemodelan geologi daerah penelitian batubara yang lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Sub Bidang Pengembangan Informasi dan Kepala Sub Bidang Keprospekan yang sudah memberikan kesempatan untuk bisa menulis dalam buletin ini. Terima kasih juga kepada Irfan Ostman ST atas masukannya tentang dasar-dasar GIS.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, Peta Isopach, <http://duniamigas.wordpress.com/2008/09/21/subsurface-mapping/> diakses tanggal 24 Oktober 2012
- Anonim, SNI 13-6011-1999 tentang Klasifikasi Sumber Daya dan Cadangan Batubara, Badan Standarisasi Nasional
- Anonim, Tim Inventarisasi Batubara Bersistem, Sub-Dit Batubara, 2002. Inventarisasi Endapan Batubara Bersistem Di Daerah Marangkayu dan Sekitarnya, Kabupaten Kutai Kertanegara, Propinsi Kalimantan Timur, Bandung
- Wikipedia, ArcGIS, <http://en.wikipedia.org/wiki/ArcGIS> diakses tanggal 24 Oktober 2012
- Wikipedia, Geologic Modelling, http://en.wikipedia.org/wiki/Geologic_modelling diakses tanggal 1 November 2012

Diterima tanggal 10 Maret 2012 Revisi tanggal 28 April 2012
--

**FACIES AND DIAGENESIS OF TABALAR AND TENDEHANTU CARBONATE
FORMATION IN MANGKALIHAT PENINSULA AREA: AN OUTCROP
PRELIMINARY STUDY TO OLIGOCENE – MIOCENE RESERVOIR CANDIDATE
PROSPECT**

**FASIES DAN DIAGENESIS FORMASI TABALAR DAN TENDEHANTU DI TANJUNG
MANGKALIHAT: STUDI AWAL BERDASARKAN SINGKAPAN UNTUK KEPROSPEKAN
KANDIDAT RESERVOIR BERUMUR OLIGOSEN - MIOSEN**

By:

Risman Adhitiya¹, Merza Media Adeyosfi², Syahreza S Angkasa¹, Felix Sihombing¹,

¹Faculty of Geology, University Padjadjaran

²Departement of Geological Engineering, Bandung Institute of Technology

ABSTRACT

Mangkalihat peninsula is located between Kutai and Tarakan basins, which known as two Hydro Carbon (HC) Prolific basins in Eastern Borneo. The petroleum system in this area is poorly known because of the different system between Kutai and Tarakan Basin. The field study is focusing in the eastern part of Mangkalihat Peninsula, where The Tabalar and Tendehantu Formation are exposed.

The data compilation is from outcrop, thin section and plug sample which permeability and porosity values were measured by Klickenberg method. Outcrop analysis showed that Tendehantu Formation can be divided into two lithofacies, while Tabalar Formation has only one lithofacies. The petrographic thin section analysis showed three microfacies from the two formations.

Pore destruction caused by diagenesis can be indicated with the presence of bladed and equant cement in vuggy pores, while the diagenetical development of porosity is marked by the microfracturing that was assumed to be formed by compaction and deep burial and matrix dissolution in some of the samples.

Petrography and plug sample data integration shows the quality value of those carbonate rock as a reservoir from the permeability and porosity parameter. Based on the microfacies grouping showed in three microfacies, the porosity value is 5.26 - 17.32 % (tight to good), and permeability value is 0.041 – 7.27mD (fair – poor). The carbonate rock quality is influenced by the whole diagenetic processes that happened in each lithofacies.

Keywords : facies, diagenesis, Tabalar Formation, Tendehantu Formation, carbonate

SARI

Tanjung Mangkalihat terletak di antara Cekungan Tarakan dan Kutai, yang dikenal sebagai 2 cekungan berpotensi hidrokarbon di bagian timur Kalimantan . Perbedaan sistem antara kedua cekungan tersebut menyebabkan sistem perminyakan di daerah ini tidak diketahui dengan baik. Studi lapangan difokuskan pada singkapan-singkapan Formasi Tabalar dan Formasi Tendehantu yang tersusun oleh batuan karbonat di bagian timur tanjung Mangkalihat.

Kompilasi data didapat dari singkapan, sayatan tipis dan conto batuan yang diukur angka porositas dan permeabilitasnya dengan Metode Klickenberg. Analisis singkapan menunjukkan bahwa Formasi Tendehantu tersusun oleh dua litofasies, sedangkan Formasi Tabalar hanya oleh satu litofasies. Petrografi sayatan tipis menunjukkan adanya tiga mikrofases dari kedua formasi ini.

Kerusakan pada pori-pori batuan akibat proses diagenesis terlihat dari adanya struktur bilah pada semen, sedangkan perkembangan diagenesis pada porositas ditandai oleh struktur mikrofraktur yang diasumsikan terbentuk oleh proses kompaksi akibat sedimentasi cukup dalam dan pelarutan matriks pada beberapa sampel.

Integrasi hasil analisis petrografi dan sampel batuan menunjukkan kualitas batuan karbonat dari parameter permeabilitas dan porositas batuan. Berdasarkan analisis dari tiga mikrofasies, didapat nilai porositas berkisar antara 5,26-17,32% (rendah – baik) dan permeabilitas antara 0,041 – 7,27 mD (sedang – buruk). Kualitas batuan karbonat dipengaruhi oleh proses diagenetik yang menyeluruh pada setiap litofasies.

Kata kunci : fasies, diagenesis, Formasi Tabalar, Formasi Tendehantu, karbonat

INTRODUCTION

Mangkalihat peninsula is located between Kutai and Tarakan basins, which known as two HC Prolific basin in Eastern Borneo. The petroleum system is poorly known because of the different system between Kutai and Tarakan (Figure 1). Field study is focusing in the eastern part of Mangkalihat Peninsula, where The Tabalar and Tendehantu are exposed. The location was chosen as a key to conduct the tectonic understanding related to petroleum system in this area. The study is a compilation of field study data for preliminary reservoir prediction based on outcrop data, petrographic thin section analysis and plug sample porosity, permeability estimation to predict the reservoir candidate.

METHODOLOGY

This study is integrated from the result from field work, there are 29 spots of outcrop station for analysis in 10 km² area in Eastern Mangkalihat. The outcrop samples furthermore were selected and grouped by the lithofacies based on outcrop analysis. The representing samples from some facies of Tabalar and Tendehantu Formations, furthermore were made as plug sample to porosity and permeability analysis for reservoir candidate prospecting. For carbonates facies and microfacies analysis, this study used petrographic observation to understand the porosity, mineralogy, and carbonate fragment distribution. This analysis was also used in order to interpret the depositional environment and diagenetic history and feature (Figure 2).

REGIONAL GEOLOGY & STRATIGRAPHY

Mangkalihat Peninsula located in eastern part of Borneo, physiographically this is a highland which separates Kutai and Tarakan basins into southern and northern area respectively. Tectonically, Mangkalihat is a microcontinent from Northern Gondwana which was drifted to equator in Late Jurassic, as an impact of the opening of Cenotethys Ocean (Metcalf, 1996). The other well known name of this microcontinent is Paternoster Terrain. This Terrain was continually accreted to early Sunda Terrain in their Southeastern segment (Continental core of Schwane Microplate) in 150-60 Ma (Satyana, 2003) (Figure 3).

This accretion is marked by the presence of Adio Suture or Suikerbrood High in Western Mangkalihat. The accretion that was happened in western part of Mangkalihat during the Early Tertiary implicated as sediment fill to the eastern part along the transgressive phase during the time.

Mangkalihat platform during Paleogene was dominantly filled by neritic – paludal sedimentary product, and in Neogene was dominantly filled by regressive phase sediment.

Regional stratigraphy of this study area is subdivided into four formations, from older to younger during Late Oligocene to Pliocene interval. They are Tabalar Formation, which is dominated by white – grey limestone, and Tendehantu Formation which consists of coralline limestone, with white – yellow colour, Lembak Formation which is dominated by marl and limestone and Golok Formation which is dominated by marl with interruption of claystone and marl-limestone

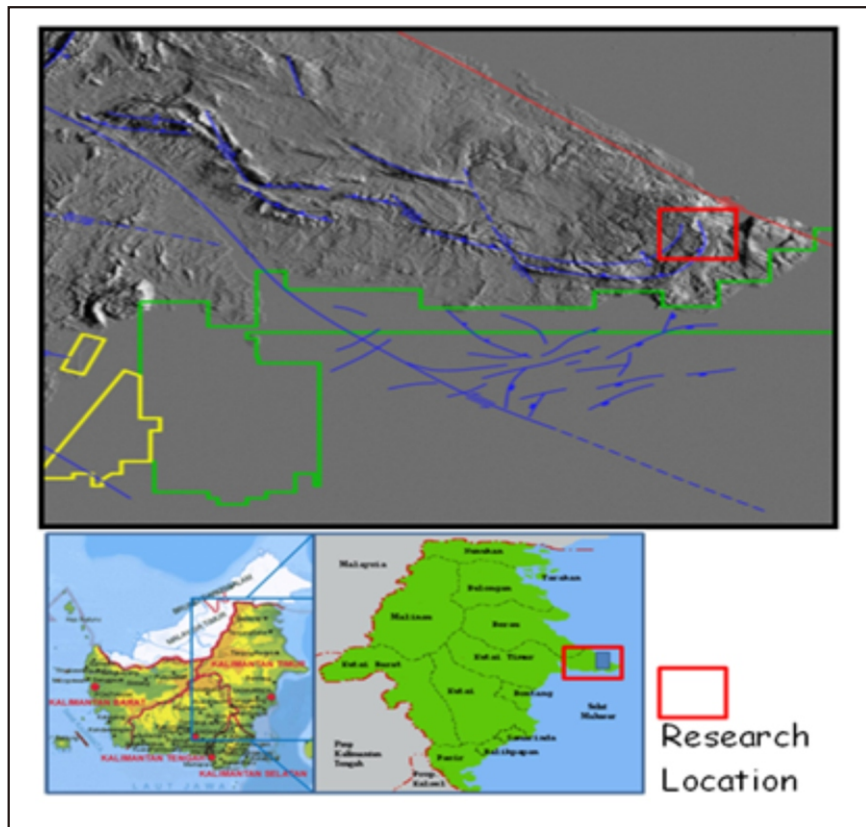


Figure 1 - Location index of the research area

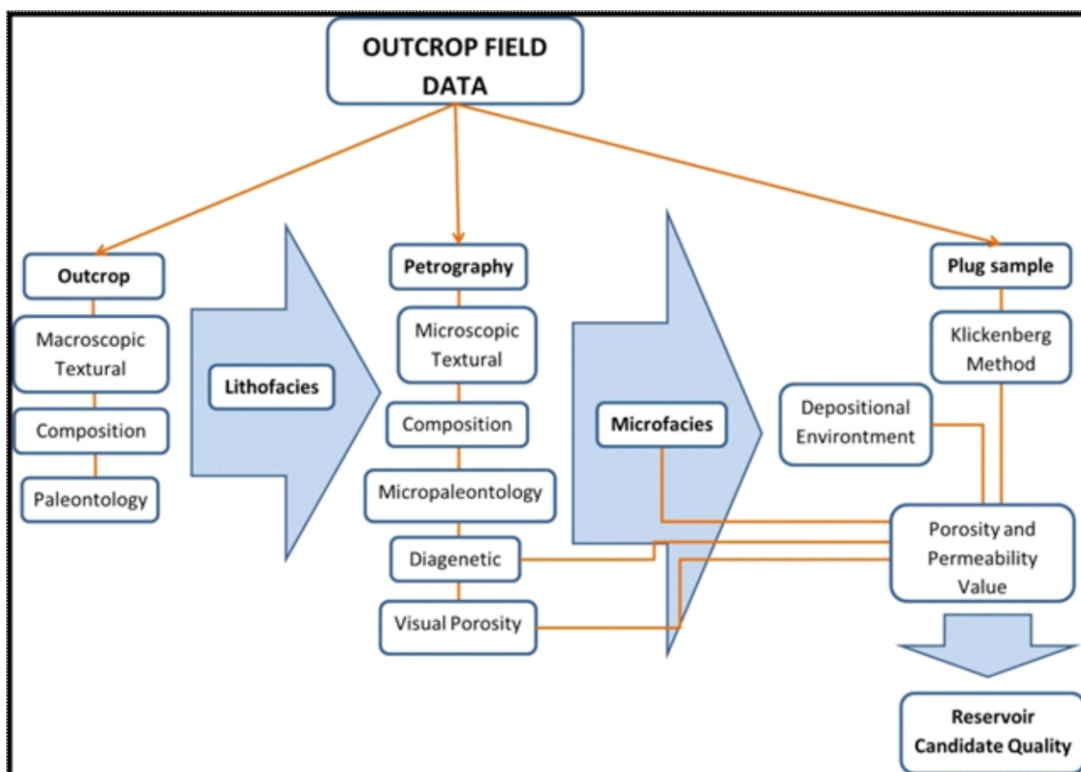


Figure 2 – Research workflow.



Figure 3 – Tectonic scheme of the Mangkalihit in Cretaceous – Paleogen (Satyana, 2003)

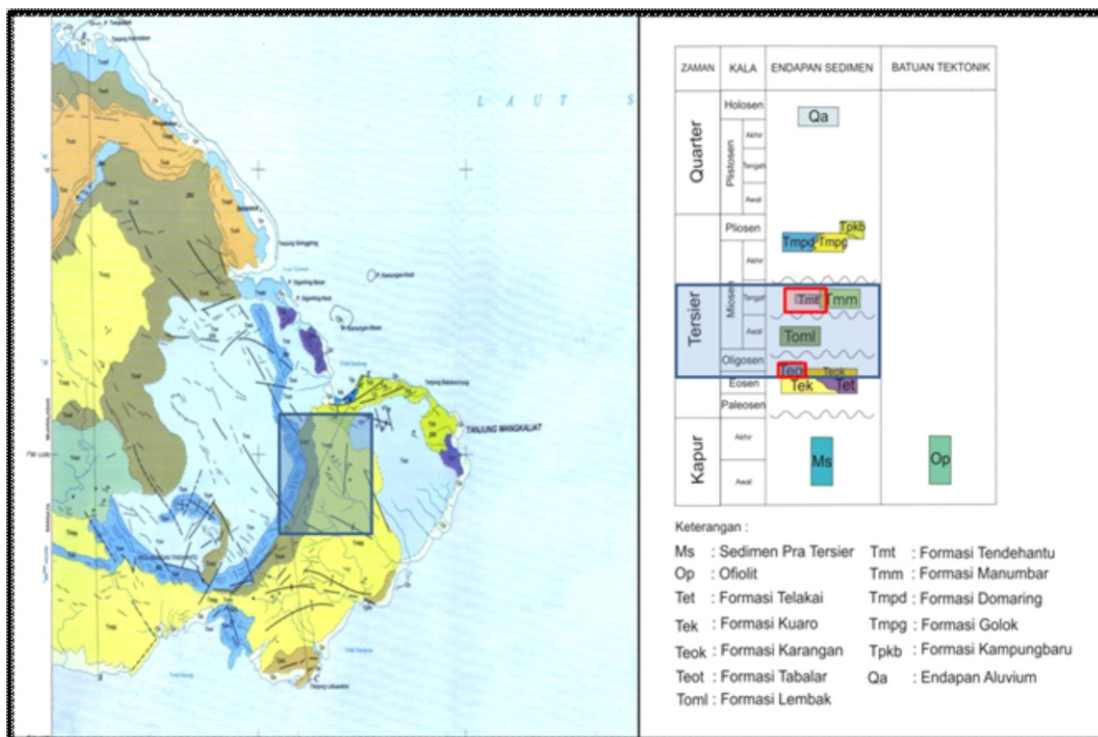


Figure 4 – Regional Geological map and stratigraphical column of research area, (Blue block shows interval of study) (Djamal et al., 1995)

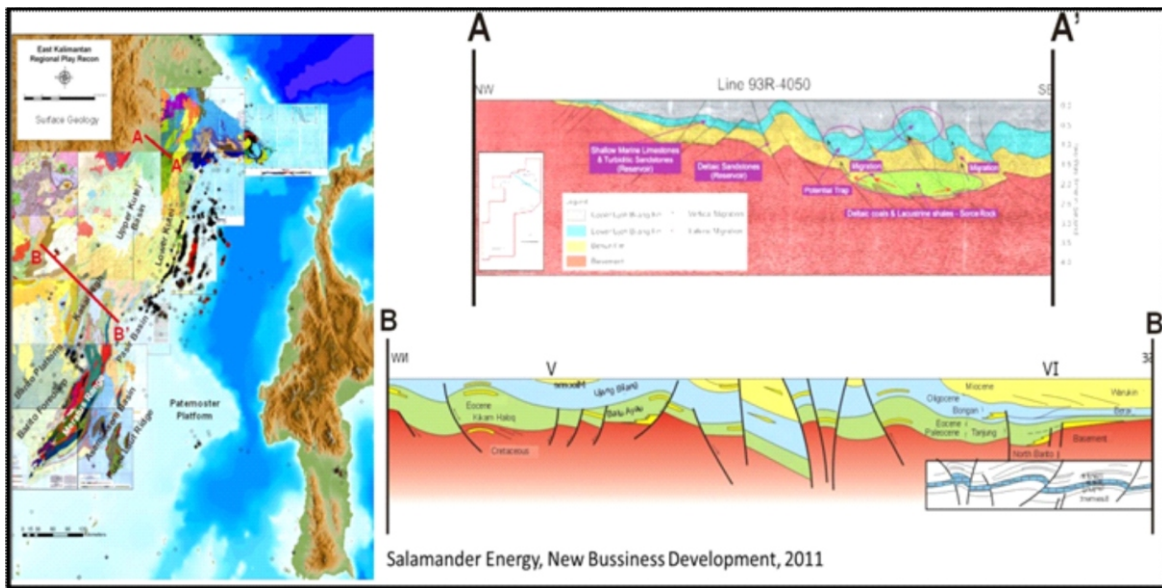


Figure 5 – Play mechanism intersection from regional petroleum system in research area.

with molusca. The focus of stratigraphical segment in this study is in Tendehantu and Tabalar Formations.

PETROLEUM SYSTEM

The petroleum system analogue was adopted from comparison with the play mechanism in East Kalimantan (Figure 5). The potential source rock is from Paleocene – Eocene segment, consists of deltaic coal and lacustrine of Kutai Basin. The turbidite sandstone and shallow marine deposit also play as reservoir potential in Southern Kutai Basin, that were developed during Eocene – Oligocene. In this study, the Oligocene – Miocene sediments that play as the main target reservoirs are the Tendehantu and Tabalar Formation. The analogue of trapping mechanism in the research area is the present marine segment such as Golok Formation (Figure 4). The migration mechanism can be interpreted by cross section (Figure 5) of an inverted regime during Miocene. This analogue can be reflected in the study area as when Sangkulirang and Maratua Faults were active and developed during Miocene and probably to Recent. The migration mechanism can openly transport the mature hydrocarbon to be trapped in the Eocene – Miocene Reservoir in this study area.

CARBONATE FACIES ANALYSIS

Carbonate facies analysis was interpreted based on lithology, texture, composition and fossil content, that observed in field description. Based on that examination Tabalar and Tendehantu Formation were divided into 3 lithofacies. Further analysis, especially for microfacies determination, was interpreted based on thin section texture, composition, fossil content and diagenetic feature.

Tabalar Formation has one lithofacies that can be determined as packstone – wackestone lithofacies (Table 1). This lithofacies is dispersed in the western part of research area (Figure 6), and spreads from North to South trend. The lithofacies has characters of massive body with no bedding feature, white colour, and poor – medium sorted fragment consists of branching and platy coraline as well as containing bivalve shells. The porosity that can be observed is moldic and vuggy as the product of intense dissolution (Figure 11). Petrographical analysis showed that it is generally poorly sorted with grain from 0.2 – 4 mm range, medium abraded with float and point contact. The dominant fragments are bryozoan, larger forams and coraline fragment.

Based on dominant fragment marker, on petrographical analysis, this lithofacies can be divided into 2 microfacies clusters namely the Larger Forams – Coraline Wackestone

and the Bryozoan – Coraline Packestone – Grainstone microfacies.

The Tendehantu Formation is divided into 2 lithofacies namely wackestone – packestone and packstone – grainstone lithofacies.

The wackestone – packestone lithofacies in Tendehantu Formation, has 5 observation stations, which showed poorly sorted with closed packing, the grains mainly from 0.2 – 5 mm range, with moderately abraded and showed point and float contact (Figure 10). Petrographical analysis showed that matrix content is ranging from 26 – 41% and pore visual from 7 – 15%, the dominant grain is larger forams. Further analysis for this lithofacies based on petrographical analysis, showed that it can be clustered into 2 microfacies clusters, those are Larger Forams Packestone and Indetermined Bioclast – Algae Packestone. This microfacies clustering will become a guidance for determining the quality of reservoir candidate.

The packestone – grainstone lithofacies in Tendehantu Formation generally showed a poorly sorted feature in microscopic, with 0.2 – 4 mm grain and moderately abraded, with point and float contact matrix range from 34 – 45% (Figure 10). From further petrographical analysis the lithofacies has 3 microfacieses namely Indetermined Bioclast Packestone, Larger Forams Bryozoan Packestone and Larger Forams Grainstone.

RESUME OF DIAGENESIS

Based on petrographic analysis, the diagenetic processes observed in Tabalar and Tendehantu Formations include as follows:

Microbial Micritization

This process was a result of drilling activity in skeletal grain by endolithic algae, fungi and bacteria forming holes and filled with fine sediment or cement. This activity is marked by the presence of micrite envelope. If the hole is not filled up by fine sediment, the hole will be corroded and the moldic porosity formed. Micritization is an important process in both stagnant and active marine phreatic zones (Longman, 1982).

Dissolution

Dissolution occurred when the diagenetic environment were different, the minerals became unstable and dissolved easily and then transformed into more stable minerals in a new environment. Dissolution intensively happened in several microfacieses in Tabalar Formation, produced secondary porosity as moldic and vuggy (Figure 10 - B). Dissolution occurred as well in freshwater vadose or freshwater phreatic environments (Longman, 1982).

Cementation

This processes occurred when the pores were fluid supersaturated and there was no kinetic factor hampering the cement precipitation. Based on the analysis in Tabalar and Tendehantu there are three kinds of cement that can be observed: fibrous, blocky and bladed. Bladed and blocky were dominantly observed in Tabalar Formation. Bladed and fibrous cement showed marine phreatic environment, while blocky formed in meteoric phreatic (Figure 11).

Neomorphism

Neomorphism is a diagenetic product that has larger size inverse micrite recrystallization. The formed crystal showed more clouded colour than spar cement and microspar. Neomorphism occurred in meteoric phreatic environment and present dominantly in both formations.

Compaction

Mechanical and chemical compaction occur in deep burial environment, caused by pressure and fluid involved. In Tabalar Formation compaction feature showed grain fractures and stylolites. This diagenetic processes gave a huge effect to reduce the pore value.

Based on the processes explained above, it can be summarized that the sequence of diagenetic processes in Tabalar and Tendehantu Formations are:

First stage diagenesis occurred in marine phreatic and fresh water phreatic zone characterized by the occurrence of micritization, fibrous and equant cement.

Second stage is burial environment, shown by mechanical compaction and

Table 1 Data Recapitulation

Tendehantu Formation			Tabalar Formation		
Packestone – Grainstone Lithofacies			Wackestone – Packestone Lithofacies		
Outcrop	TS	Plug	Outcrop	TS	Plug
RA 2-4			RA 13-2		
RA 2-2			RA 13-3		
RA 2-9			RA 13-4		
Wackestone – Packestone Lithofacies			RA 13-5		
RA 16 T –5			RA 13-6		
RA 16T-3			RA 13-8		
RA 2-8			RA 14-1		
RA 2-5			RA 14-2		
RA 7-1			RA 14-5		

chemical compaction. This stage is marked by point and long contact, as well as stylolite forming.

Third stage occurred in meteoric phreatic, shown by blocky cement, neomorphism and dissolution. This stage was dominantly occurred in Tabalar Formation

The tectonic processes that happened to these two research formations caused them to uplift and be located near to the surface position. The diagenetic stage was then changed into meteoric vadose. During this time, when the contact between carbonate formations and meteoric water was intense, vug and other secondary porosity were formed. Tabalar Formation had more intense processes than Tendehantu Formation in this stage.

CARBONATE RESERVOIR CANDIDATE QUALITY

The carbonate reservoir quality prediction was taken from microfacies distribution based on the plugs of outcrop samples that were analyzed with routine core analysis method. For Tendehantu Formation there is the Indetermined Bioclast – Bryozoan – Larger Forams in

Packestone – Grainstone microfacies. The quality of this microfacies is 8 -12% for visual porosity and dominated by the moldic, vugs and fracture porosity. The plug outcrop porosity is 7.51 – 10.65% with horizontal permeability value between 0.014 – 15.1 mD. Based on those values this microfacies in general has poor – good quality as a reservoir. The crossplot sample data showed bad correlation between the porosity and the permeability values in this microfacies. Then it can be assumed that diagenesis factor was involved to decrease the microfacies quality, as like tight cementation that reach 5-7%.

The Tabalar Formation has two microfacies clusters. Those are Larger Forams – Coraline Wackestone and Bryozoan – Coraline Packestone – Grainstone.

The Larger Forams – Coraline Wackestone generally can be classified as a good quality reservoir based on the visual porosity which reaches 14%. This porosity is dominated by moldic, intercrystalline and vug (Figure 11). Two plugs of outcrop were analyzed and showed the porosity and permeability values are 16.74 – 17.32 % and 3.985 – 7.278 mD respectively which then classified into fair reservoir classification (Koesoemadinata, 1980). Crossplot diagram from the data showed that the permeability and porosity has relative correlation, which

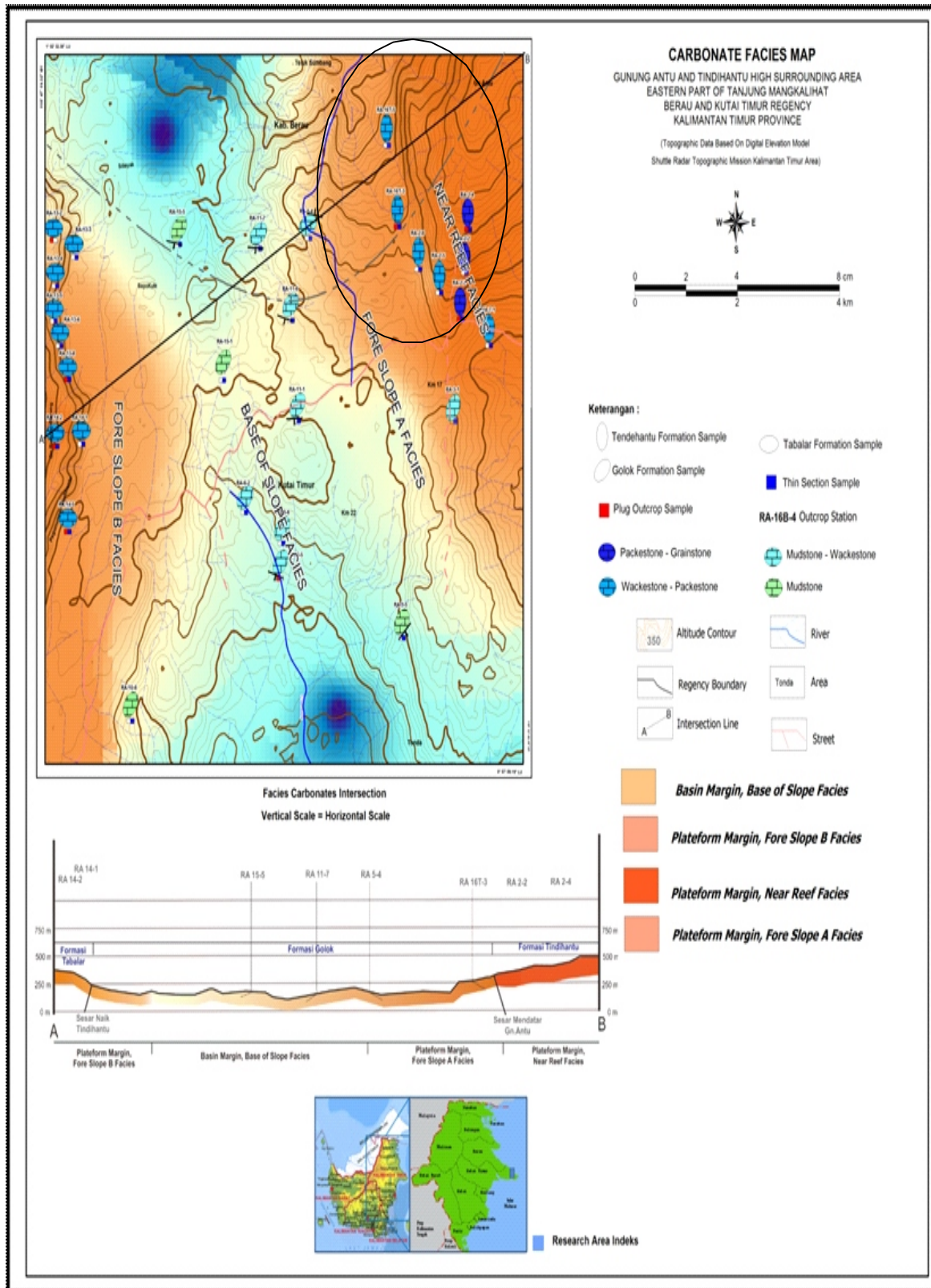


Figure 6 – Carbonates facies map

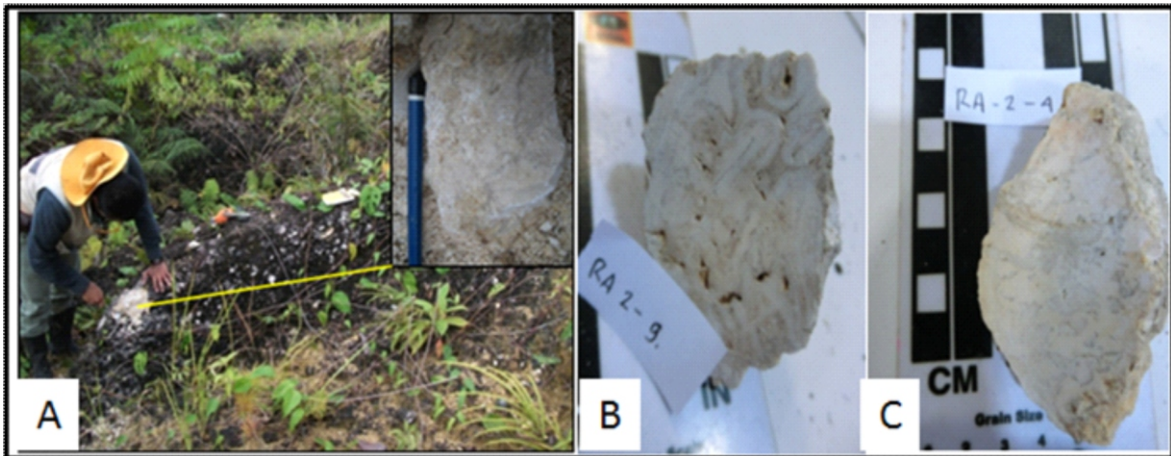


Figure 7. Tendešanu Formation outcrop represents packstone – grainstone lithofacies

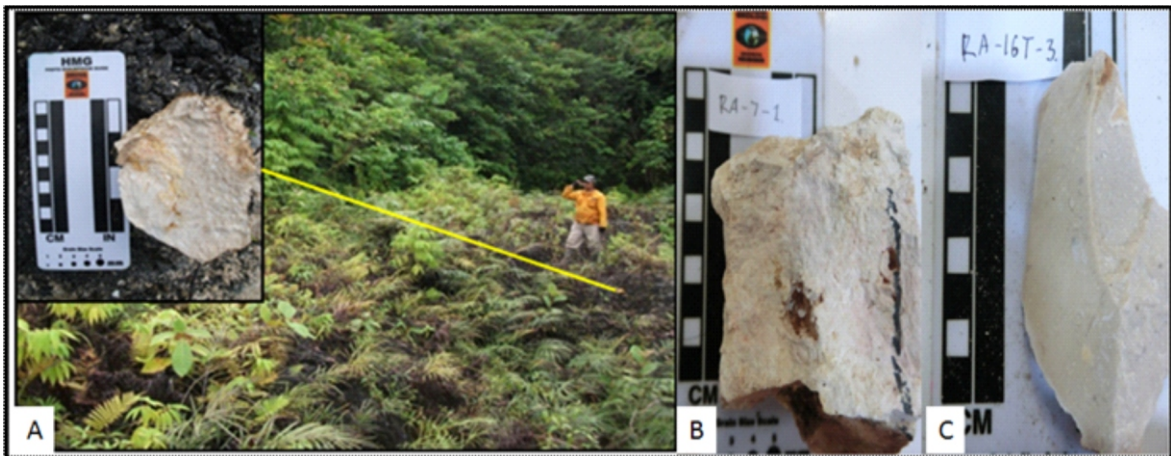


Figure 8 – Wackestone - packstone lithofacies in Tendešanu Formation

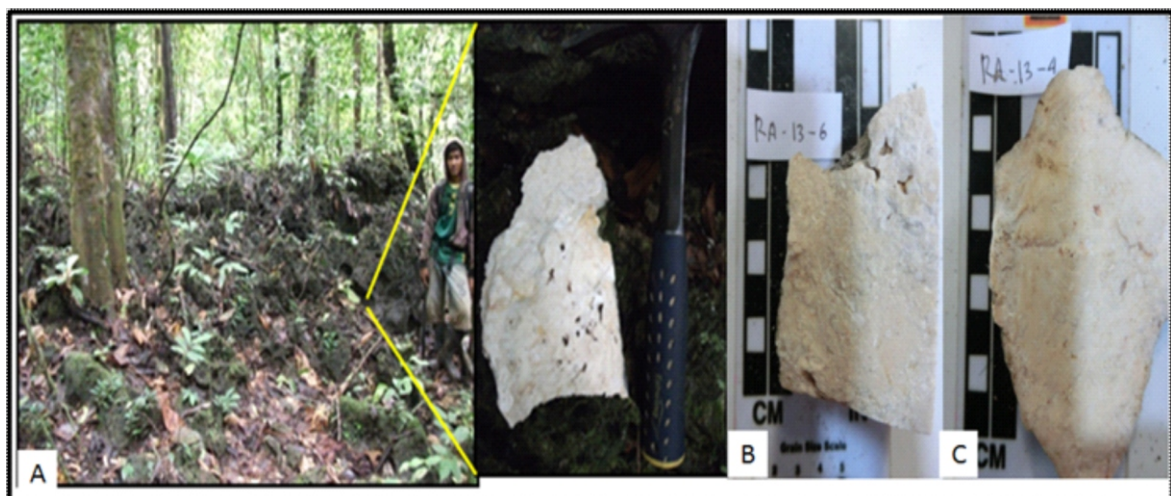


Figure 9. Wackestone – packstone lithofacies in Tabalar Formation

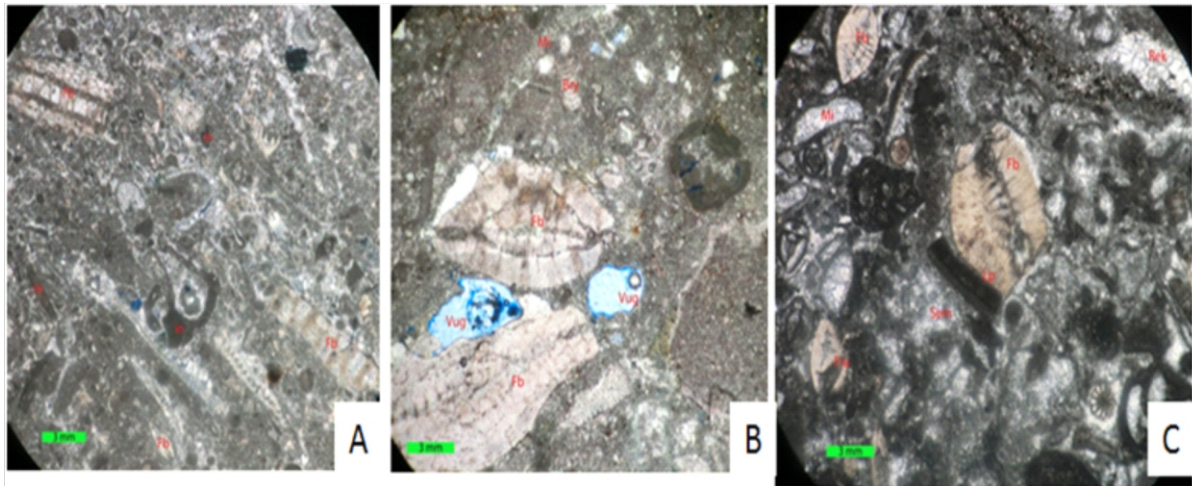


Figure 10 - Three thin section photographs from Tendehantu Formation with 40x lens magnification, RA 24 (A) Cross polarization; Indetermined bioclast packstone RA 2 (B) plane polarization; Larger Forams –Bryozoan Packstone, RA 16 T-3 (C) Cross polarization; Larger Forams Packstone. (Fb : Larger Forams, Lp : Long Contact, Mi: Micritization, Rek: Recrystallization, Fra : Fracture, Bry: Bryozoan, Vug: Vuggy Pore)

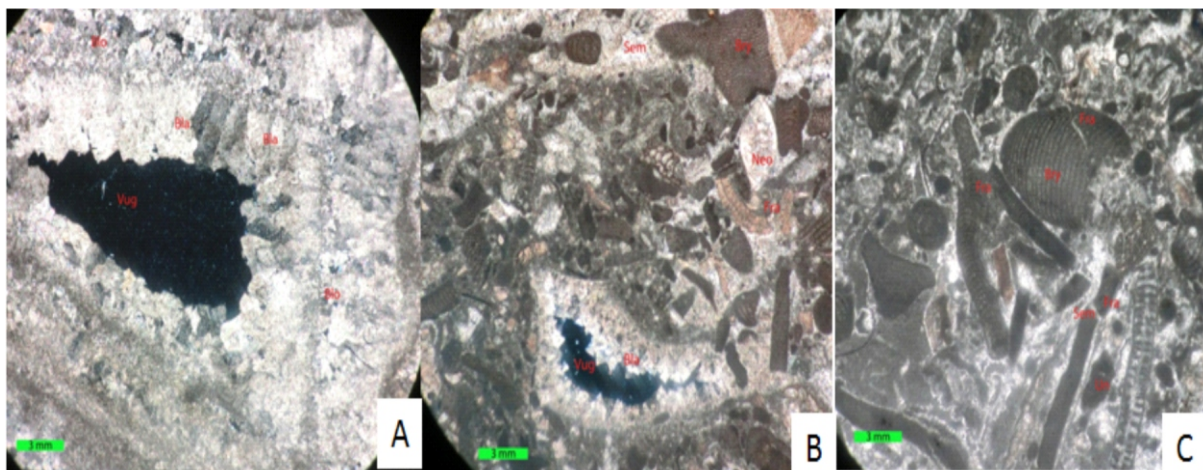


Figure 11 – Three thin section photographs from Tabalar Formation with 40x lens magnification, RA 13 – 3 (A) Cross polarization; Larger Forams Coraline Wackestone, RA 13-6 (B) cross polarization; Bryozoan – Coraline Packstone – Grainstone, RA 13 – 4 (C) Bryozoan – Coraline Packstone – Grainstone. (Red assign : Blo : Blockycement, Bla: Bladed Cement, Vug: Vuggy Pore)

means that the increasing porosity can be followed by the increase of permeability as well. This good relationship between permeability and porosity can be interpreted as the result of dissolution process of diagenesis.

Bryozoan – Coraline Packstone – Grainstone in Tendehantu Formation is the last microfacies cluster. Two outcrop sample plugs RA 14-5 and RA 14-2 were analyzed

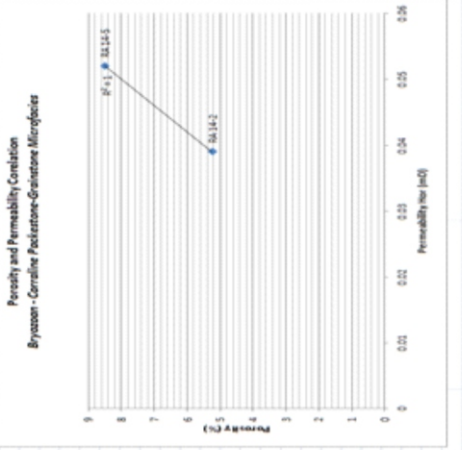
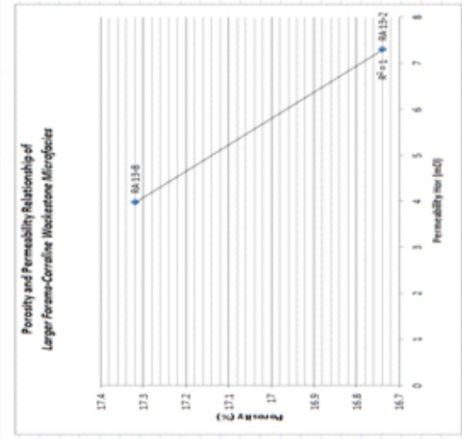
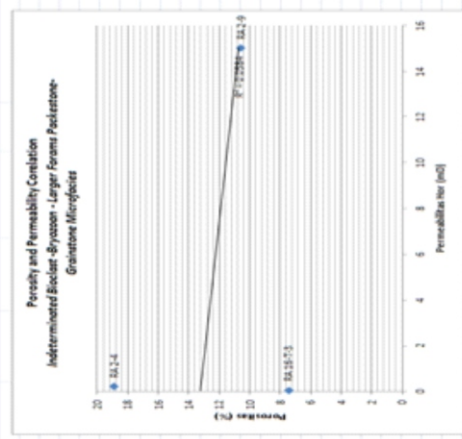
and showed 5.26 – 8.51 % porosity and 0.052 – 0.039 mD for horizontal permeability. The visual porosity value is between 9 – 17%, dominated by moldic, intercrystalline and vug porosity. The permeability and porosity crossplot data showed that the data has relative correlation. Although the porosity and permeability has correlation, the permeability is tight, interpreted as the effect of intense cementation in this microfacies.

Table 2 – Summary of the Diagenetic Analysis for each sample

Station	Formation	Lithofacies	Mikrofacies (Dunham 1962)	Cluster Mikrofasies	Diagenesis					Cement		
					Micritization	Cementation	Recrystallization	Compaction	Dissolution	Bladed	Equant	Fibrous
RA 2-4	Tendehantu	Packstone - Grainstone	Indeterminate Bioclast Packstone	Indeterminate Bioclast - Bryozoa - Larger Forams packstone	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	-
RA 2-2	Tendehantu	Packstone - Grainstone	Larger Forams - Bryozoa Packstone	Indeterminate Bioclast - Bryozoa - Larger Forams packstone	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	-
RA 2-8	Tendehantu	Wackestone - Packstone	Larger Forams Packstone	Indeterminate Bioclast - Bryozoa - Larger Forams packstone	0.0	0.0	0	-	0.0	-	0	-
RA 2-9	Tendehantu	Packstone - Grainstone	Larger Forams Grainstone	Indeterminate Bioclast - Bryozoa - Larger Forams packstone	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0	-
RA 7-1	Tendehantu	Wackestone - Packstone	Larger Forams Packstone	Indeterminate Bioclast - Bryozoa - Larger Forams packstone	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0	0	-
RA 2-5	Tendehantu	Wackestone - Packstone	Larger Forams Packstone	Indeterminate Bioclast - Bryozoa - Larger Forams packstone	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	-
RA 16 T-3	Tendehantu	Mudstone - wackestone	Indeterminate Bioclast - Algae Packstone	Indeterminate Bioclast - Bryozoa - Larger Forams packstone	0.0	0.0	0.0	0	-	0.0	0.0	0
RA 16 T-5	Tendehantu	Mudstone - wackestone	Larger Forams Packstone	Indeterminate Bioclast - Bryozoa - Larger Forams packstone	0.0	0.0	0.0	-	0.0	0.0	0	-
RA 13-2	Tabalar	Wackestone - Packstone										
RA 13-3	Tabalar	Wackestone - Packstone	Coral Wackestone	Larger Forams - Coralline Wackestone	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	-
RA 13-8	Tabalar	Wackestone - Packstone	Larger Forams wackestone	Larger Forams - Coralline Wackestone	0.0	0.0	0.0	-	0.0	0	0.0	-
RA 13-4	Tabalar	Wackestone - Packstone	Bryozoa Grainstone	Bryozoa - Coralline Packstone-Grainstone	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	-
RA 13-5	Tabalar	Wackestone - Packstone	Bryozoa Packstone	Bryozoa - Coralline Packstone-Grainstone	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-
RA 13-6 TS	Tabalar		Bryozoa Grainstone	Bryozoa - Coralline Packstone-Grainstone	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0	-
RA 13-6	Tabalar	Wackestone - Packstone	Bryozoa Packstone	Bryozoa - Coralline Packstone-Grainstone	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	-
RA 14-2	Tabalar	Wackestone - Packstone	Coral Grainstone	Bryozoa - Coralline Packstone-Grainstone	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	-
RA 14-1	Tabalar	Wackestone - Packstone	Coral Grainstone	Bryozoa - Coralline Packstone-Grainstone	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	-
RA 14-5	Tabalar	Wackestone - Packstone	Bryozoa Packstone	Bryozoa - Coralline Packstone-Grainstone	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-

Table 3 – Summary of plug outcrop analysis, visual porosity observation and porosity – permeability cross plot in each microfacies cluster .

Station	Formation	Sample This Sec	Outcrop	Plug	Lithofacies	Microfacies (Dunham 1962)	Cluster Microfacies	Pore Visual	Pore Plug Sample (%)	Konoensudrata 1985 Scale	Horizontal Permeability	Konoensudrata 1985 Scale
BA.2.4	Tendeharu				Packstone - Granitstone	Indeterminatef Biotidit - Lager Foram packstone	Indeterminatef Biotidit - Bryoosin - Lager Foram packstone	12	18.96	Good	0.227	Tight
BA.2.2	Tendeharu				Packstone - Granitstone	Larger Foram-Bryoosin Packstone	Indeterminatef Biotidit - Bryoosin - Lager Foram packstone	16		Good		
BA.2.8	Tendeharu				Wackstone - Pakistone	Larger Foram Packstone	Indeterminatef Biotidit - Bryoosin - Lager Foram packstone	7		Poor		
BA.2.9	Tendeharu				Packstone - Granitstone	Larger Foram Granitstone	Indeterminatef Biotidit - Bryoosin - Lager Foram packstone	8	10.85	Fair	15.01	Good
BA.7.1	Tendeharu				Wackstone - Pakistone	Larger Foram Packstone	Indeterminatef Biotidit - Bryoosin - Lager Foram packstone	15		Good		
BA.2.5	Tendeharu				Wackstone - Pakistone	Larger Foram Packstone	Indeterminatef Biotidit - Bryoosin - Lager Foram packstone	9		Poor		
BA.18.13	Tendeharu				Mudstone - wackistone	Indeterminatef Biotidit - Lager Packstone	Indeterminatef Biotidit - Bryoosin - Lager Foram packstone	9	7.51	Poor	0.041	Tight
BA.18.15	Tendeharu				Mudstone - wackistone	Larger Foram Packstone	Indeterminatef Biotidit - Bryoosin - Lager Foram packstone	8		Poor		
BA.13.2	Tibular				Wackstone - Pakistone			16.74		Good	7.278	Fair
BA.13.3	Tibular				Wackstone - Pakistone	Coral Wackstone	Larger Forams - Coralline Wackstone	12		Fair		
BA.13.4	Tibular				Wackstone - Pakistone	Larger Foram wackistone	Larger Forams - Coralline Wackstone	14	17.32	Good	3.958	Fair
BA.13.4	Tibular				Wackstone - Pakistone	Bryoosin Granitstone	Bryoosin - Coralline Packstone-Granitstone	9		Poor		
BA.13.5	Tibular				Wackstone - Pakistone	Bryoosin Granitstone	Bryoosin - Coralline Packstone-Granitstone	14		Fair		
BA.13.6 TS	Tibular				Wackstone - Pakistone	Bryoosin Granitstone	Bryoosin - Coralline Packstone-Granitstone	12		Fair		
BA.13.6	Tibular				Wackstone - Pakistone	Bryoosin Packstone	Bryoosin - Coralline Packstone-Granitstone	17		Good		
BA.14-2	Tibular				Wackstone - Pakistone	Coral Granitstone	Bryoosin - Coralline Packstone-Granitstone	16	5.26	Good	0.039	Tight
BA.14-1	Tibular				Wackstone - Pakistone	Coral Granitstone	Bryoosin - Coralline Packstone-Granitstone	16		Good		
BA.14-5	Tibular				Wackstone - Pakistone	Bryoosin Packstone	Bryoosin - Coralline Packstone-Granitstone	13	8.51	Poor	0.032	Tight



The porosity was reduced by the cementation. Based on that data the Bryozoon – Coraline Packestone – Grainstone microfacies generally has fair quality as a reservoir candidate.

CONCLUSION

1. The Tabalar Formation based on field observation can be determined into one lithofacies, which is wackestone – packestone. The Tendehantu Formation has two lithofacies based on field observation. They are wackestone – packestone and packstone – grainstone lithofacies.
2. Petrographical analysis divided the 3 lithofacies into 3 lithofacies clusters. Those are; Indetermined Bioclast – Bryozoon – Larger Forams Packestone – Grainstone Microfacies, Larger Forams – Coraline Wackestone and Bryozoon – Coraline Packestone – Grainstone.
3. The complex diagenetic processes that

happened in the two formations were microbial micritization, dissolution, cementation, and compaction, which happened in four stage.

4. The potential reservoir candidate is Indetermined Bioclast – Bryozoon – Larger Forams Packestone – Grainstone Microfacies from Tendehantu Formation and Larger Forams – Coraline Wackestone from Tabalar Formation with good quality prediction.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank Salamander Energy Ltd. for supporting and funding this research and GDA Consulting for the support during field work. Dr Ildrem Syafri, Mr. Ismawan, & Mr Djang J. Setiadi are thanked for supervising this paper.

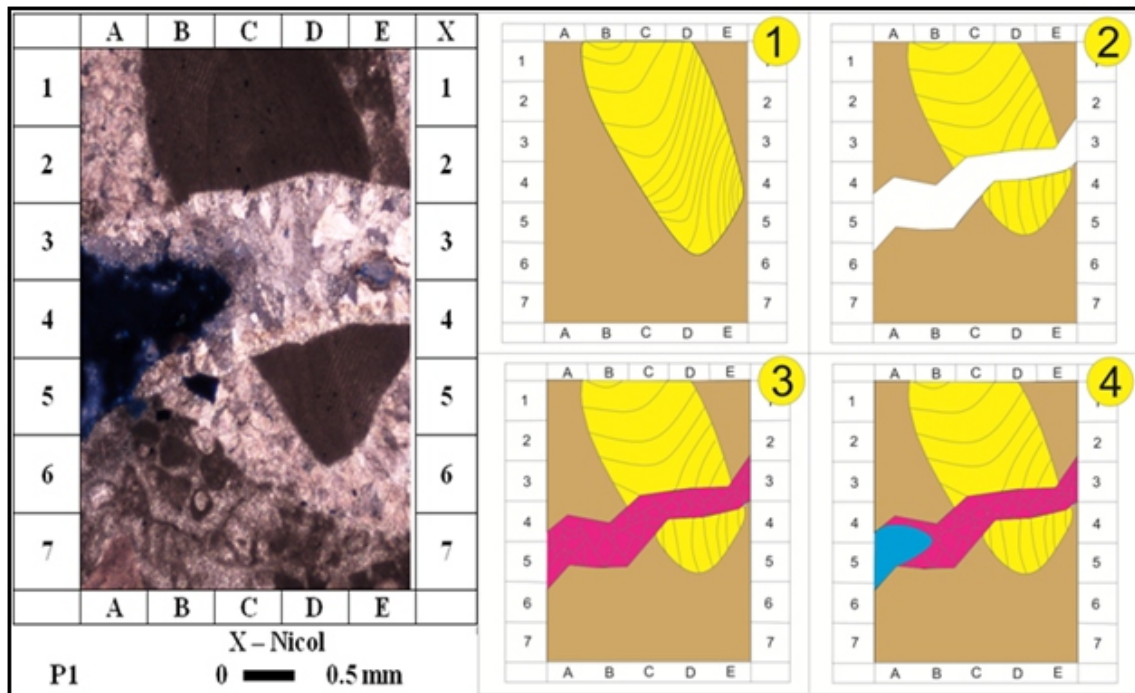


Figure 12 - RA 14-4 Thin section photograph and the diagenetic stage illustration. (1) Microbial Micritization in red algae fragment possibly happened in marine phreatic. (2) Fracturing in algae fragment, possibly caused by burial regime. (3) Blocky and bladed cementation were developed in fracture possibly in meteoric phreatic regime, this phase reduce the fracture pores. (3) The latest diagenesis stages that recorded here is dissolution in cement that formed before, this phase possibly in meteoric vadose.

REFERENCES

- Djamal, B., Sudana, D., Soetrisno, Baharuddin, and Hasan, K., 1995, Geological Map of the Tanjung Mangkalihah Sheet, Kalimantan: Geological Research and Development Centre, Bandung, Indonesia, Scale 1:250,000.
- Koesoemadinata, R.P., 1980, Geologi Minyak dan Gas Bumi, Edisi kedua Jilid I. Penerbit ITB, Bandung.
- Longman, M. W., 1982, Carbonates Diagenesis as Control on Stratigraphy Traps; Fall Education Conference in Calgary, Canada.
- Moore, C.H., 2004. Carbonate Reservoir : Porosity Evaluation and Diagenesis in A Sequence Stratigraphy Framework. Elsevier Science B.V. Amsterdam.
- Satyana, A.H., 2003, Accretion and Dispersion of Southeast Sundaland : the Growing and Slivering of a Continent, Joint Convention of Indonesian Association of Geologists (IAGI), 31st Annual Convention and Indonesian Association of Geophysicists (HAGI), 28th Annual Convention, Jakarta, December 2003.

Diterima tanggal 30 Mei 2012
Revisi tanggal 26 Juli 2012

**DESAIN LERENG FINAL DENGAN METODE RMR, SMR DAN
ANALISIS KESTABILAN LERENG:
PADA TAMBANG BATUBARA TERBUKA, DI KABUPATEN TANAH LAUT,
PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**

**FINAL SLOPE DESIGN USING RMR, SMR AND
SLOPE STABILITY ANALYSIS METHODS:
AT COAL OPEN PIT, TANAH LAUT REGENCY,
SOUTH KALIMANTAN PROVINCE**

Oleh:

Galih W. Swana, Dicky Muslim, Irvan Sophian

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

SARI

Dalam menentukan kemiringan desain final lereng yang dibentuk, salah satu caranya ialah dengan menggunakan metode geomekanik melalui penentuan nilai *Rock Mass Rating (RMR)* dan nilai *Slope Mass Rating (SMR)*. Namun, dari nilai *SMR* tidak diketahui faktor keamanan dari lereng tersebut sehingga diperlukan analisis kestabilan lereng. Nilai kemiringan lereng dan faktor keamanannya dapat menjadi acuan untuk membuat desain lereng final yang representatif.

Penelitian dilakukan di tambang terbuka yang terdapat di Kecamatan Jorong Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan. Daerah penelitian terletak pada Formasi Warukin dengan unit stratigrafinya yaitu batupasir (pasir kasar - halus), *mudstone* dan *carbonaceous mudstone*, serta batubara dengan jurus N 80° – 90° E dan kemiringan 29° - 35°. *RMR* pada section Sidewall berkisar antara 25- 59, dan *SMR* berkisar antara 30,1° – 59°; pada section *Western Lowwall* atau data bor AGT-02 dan AGT-03 berkisar antara 20 - 55 dan *SMR* berkisar antara 20° – 55°. Pada section *Western Highwall* *RMR* berkisar antara 34 -71 dan *SMR* berkisar antara 33,06° – 71°. Pada section *Eastern Lowwall* *RMR* berkisar antara 20 - 55 dan *SMR* berkisar antara 20° – 54,96°. Pada section *Eastern Highwall* *RMR* berkisar antara 29 - 79 dan *SMR* berkisar antara 29° – 52°.

Dari hasil analisis kestabilan lereng, pada umumnya nilai kemiringan lereng hasil dari nilai *SMR* berada pada kondisi labil sampai stabil sehingga perlu dilakukan penurunan muka air tanah pada beberapa bagian agar dihasilkan desain final lereng yang stabil.

Kata Kunci : Geomekanika, analisis kestabilan lereng, desain lereng final

ABSTRACT

In determining the slope of the final design of formed slopes, one of the way is by using the method of geomechanic that determining value through Rock Mass Rating (RMR) and the Slope Mass Rating (SMR). However, from the SMR value the safety factor of the slope is unknown, so that the slope stability analysis is required. Slope value and the safety factor can be used as a reference to create the final design of representative slopes.

This research was conducted in Jorong District, Tanah Laut Regency, South Kalimantan Province. Morphology in the research area is slightly flat because it is not far from the beach in

the south side, where the northern side is a production forest. The research area lies on the Warukin Formation, which consists of sandstone (coarse to fine sand), mudstone, carbonaceous mudstone, and coal bed with strike $N80^{\circ}-90^{\circ}E$ and dip $29^{\circ}-35^{\circ}$. RMR in the Sidewall section ranges between 25-59, and the SMR ranged between $30.1^{\circ} - 59^{\circ}$; on the Western Lowwall section or drill data of AGT-02 and AGT-03 RMR ranged between 20-55 and the SMR ranged between $20^{\circ} - 55^{\circ}$. In Western Highwall section RMR ranged between 34 -71 and the SMR ranged between $33.06^{\circ} - 71^{\circ}$. In the Eastern Lowwall section RMR ranged between 20-55 and the SMR ranged between $20^{\circ} - 54.96^{\circ}$. In the Eastern Highwall section of RMR ranged between 29-79 and the SMR ranged between $29^{\circ} - 52^{\circ}$.

The result of slope stability analysis shows that slope of SMR values are in unstable to stable condition, therefore it is necessary to reduce the groundwater level to obtain a stable final slope design.

Keywords : Geomechanics, slope stability analysis, final slope design

PENDAHULUAN

Dalam penambangan terbuka (*open pit mining*), desain lereng final adalah salah satu faktor terpenting dalam keberlangsungan pertambangan. Beberapa cara yang dilakukan untuk membuat suatu desain final diantaranya dengan analisis geomekanika dan analisis kestabilan lereng. Analisis geomekanika diantaranya mencakup kegiatan pengeboran dan uji laboratorium untuk mendapatkan data parameter fisik dan kekuatan batuan yang dibutuhkan untuk mengetahui deskripsi massa batuan (Sjoberg, 1997). Sedangkan untuk mendapat desain lereng tambang, diperlukan data lapangan, baik berupa morfologi setempat, jurus-kemiringan dan jenis batuan, kondisi airtanah, dan lainnya, yang diperlukan untuk simulasi kestabilan lereng.

Data *geotechnical drilling log* diambil dan diuji di laboratorium mekanika batuan guna mendapatkan parameter kekuatan fisik yang dibutuhkan untuk mendapatkan klasifikasi massa batuan yang akan memperhitungkan kondisi stabil dari setiap jumlah kelas massa batuan yang dideskripsi dengan mengukur *Unconfined Compressive Strength (UCS)*, *Rock Quality Designation (RQD)* (Bienawski, 1989) dan identifikasi diskontinuitas dari batuan serta kondisi air tanah pada *sample core*.

Dalam penentuan klasifikasi masa batuan digunakan penghitungan *Rock Mass Rating (RMR)* (Bieniawski, 1989), kemudian dari hasil pembobotan nilai *RMR* diperoleh sudut maksimum pemotongan lereng (*slope*)

suatu masa batuan dalam keadaan stabil dengan menghitung nilai *Slope Mass Rating (SMR)*. Namun nilai *SMR* belum memberikan nilai keamanan dari suatu lereng, maka diperlukan analisis kestabilan lereng.

Penelitian dilakukan di Kecamatan Jorong, Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan, utamanya berada di daerah Y yang tersusun oleh pit 1 dan pit 2. Morfologi daerah ini berupa pedataran landai yang tidak jauh dari garis pantai di sebelah selatan. Di sebelah utara terdapat hutan dengan berbagai macam tumbuhan berukuran kecil ataupun besar.

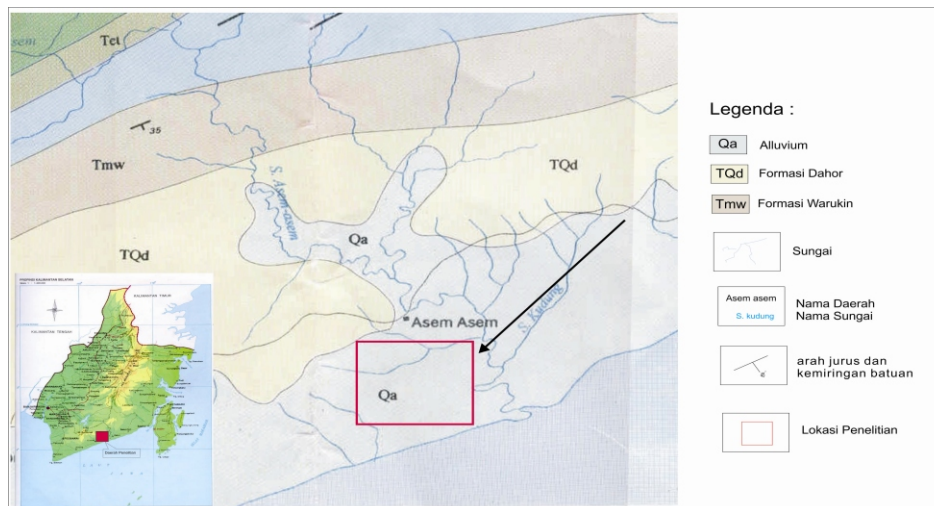
Maksud penelitian ini adalah untuk mengetahui desain lereng tambang final berdasarkan nilai *SMR*. Untuk mencapai tujuan tersebut dilakukan klasifikasi massa batuan berdasarkan karakteristik geomekanik (*RMR*), kemudian mengetahui nilai sudut yang dibentuk dari massa batuan tersebut (*SMR*), setelah itu dilakukan analisis kestabilan lereng untuk mengetahui nilai *Factor of Safety (FS)* dengan bantuan *software Slope/W 2004* untuk kemudian dibuat desain lereng final yang representatif di daerah penelitian.

KAJIAN PUSTAKA

Geologi Regional

Daerah penelitian termasuk dalam Subcekungan Asam-Asam sebagai bagian dari Cekungan Barito dan masuk ke dalam Formasi Warukin (Gambar 1).

Daerah penelitian terdiri dari



Gambar 1. Peta geologi regional daerah penelitian (Sikumbang dan Heryanto, 1994)

perselingan batupasir kuarsa, batulempung, serpih, dan batugamping. Pada batupasir dan batulempung karbonatan sering dijumpai kongresi besi. Lapisan batubara memiliki tebal > 25 meter, berwarna hitam-abuabu, getas, kurang padu, yang dikenal sebagai Formasi Warukin. Tebal batuan Formasi Warukin antara 250 - 750 meter, diperkirakan berumur Miosen Tengah - Miosen Akhir. (Sikumbang dan Heryanto, 1994)

Klasifikasi RMR

Klasifikasi geomekanik sistem RMR adalah suatu metode empiris untuk menentukan pembobotan dari suatu massa batuan, digunakan untuk mengevaluasi ketahanan massa batuan sebagai salah satu cara untuk menentukan kemiringan lereng maksimum (Bieniawski, 1989). Klasifikasi ini didasarkan pada enam parameter yaitu kekuatan batuan (*rock strength*), *Rock Quality Designation (RQD)*, jarak diskontinuitas (*spacing of discontinuities*), kondisi diskontinuitas (*condition of discontinuities*), kondisi airtanah (*groundwater condition*), dan orientasi diskontinuitas (*orientation of discontinuities*).

Penentuan Nilai SMR

Untuk menentukan geometri lereng yang terbentuk dapat dilakukan dengan metode SMR dalam hal ini adalah metode Romana (1993) dengan formula :

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

Keterangan :

F1 = rata-rata strike dari *joint* dikurangi slope strike

F2 = rata-rata dip dari *joint*

F3 = rata-rata dip dari *joint* dikurangi sudut *slope*

Nilai F4 ditentukan berdasarkan metode ekskavasinya.

Metode *Limit Equilibrium* dalam Pemodelan *Slope/W 2004*

Software Slope/W 2004 menggunakan metode *limit equilibrium (LE)* yang telah umum digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng. Pada metode ini diasumsikan terdapat bidang gelincir yang potensial, dimana kondisi gaya (*force*) dan *moment equilibrium* ditentukan berada pada kondisi statis. Analisis ini membutuhkan informasi tentang kekuatan material.

Secara garis besar analisis ini menghasilkan keluaran berupa *Factor of Safety (Eberhardt, 2005)*, dimana rumus sederhana dalam *limit equilibrium* ini adalah :

$$FS = \frac{\text{Resisting Force}}{\text{Driving Force}} \quad \text{atau} \quad FS = \frac{\text{Shear Strength}}{\text{Shear Stress}}$$

Resisting force atau gaya penahan adalah gaya yang bekerja relatif berlawanan terhadap arah gaya penggerak umumnya dipengaruhi oleh jenis batuan dan kekuatan batuan itu sendiri. Sedangkan *Driving Force*

atau gaya penggerak ialah gaya yang bekerja berlawanan terhadap gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh diskontinuitas dari batuan, gaya gravitasi, kemiringan lereng, dan sebagainya (Eberhardt, 2005).

Sifat Fisik dan Mekanik

Sifat-sifat fisik batuan yang digunakan dalam simulasi dan mempengaruhi kestabilan lereng diantaranya adalah; berat isi batuan (γ), kadar air dalam batuan (ω), kohesi batuan (c) dan sudut geser dalam batuan (ϕ). Sudut geser dalam adalah sudut yang dibentuk dari hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser dalam suatu batuan ataupun tanah. Semakin besar sudut geser dalamnya, maka material tersebut semakin besar tahanannya terhadap tegangan luar yang diterimanya. Untuk penelitian ini penulis menggunakan bantuan software Roclab 1.0. untuk menentukan nilai sudut geser dalam.

Factor of Safety (FS)

Menurut Bowles (1984), apabila harga FS untuk suatu lereng $> 1,25$ yang berarti gaya penahan lebih besar daripada gaya penggerak, maka lereng tersebut berada dalam keadaan stabil. Tetapi, bila nilai FS $< 1,07$ yang artinya gaya penahan lebih kecil daripada gaya penggerak, maka lereng tersebut berada dalam keadaan tidak stabil dan rawan terjadi longsor. Akan tetapi, jika nilai kestabilan lerengnya $1,07 < FS < 1,25$ maka lereng tersebut berada dalam keadaan kritis.

Bowles (1984) juga menyatakan bahwa kondisi $1,07 < FS < 1,25$ tetap tidak dikehendaki, karena apabila terjadi pengurangan gaya penahan atau penambahan gaya penggerak sekecil apapun, lereng akan menjadi tidak stabil dan rawan terjadi longsor. Oleh karena itu, nilai FS selalu dibuat lebih dari 1,25.

METODOLOGI

Studi lapangan yang dilakukan ialah berupa pemetaan geologi teknik dan pengamatan *geotechnical drilling log* untuk mengetahui beberapa parameter geoteknik seperti jenis litologi, *strength* dari material, tingkat pelapukan, tipe dan bentuk diskontinuitas serta *GSI (Geological Strength Index)* sebagai parameter untuk

melakukan pemodelan desain lereng tambang.

Kemudian dilakukan pengumpulan data geomekanik untuk memperoleh gambaran awal mengenai kondisi massa batuan dengan menggunakan klasifikasi geomekanik sistem *RMR*, dengan cara :

1. Menjumlahkan nilai bobot dari parameter *UCS*, *RQD*, jarak diskontinuitas, kondisi diskontinuitas, dan kondisi airtanah, sehingga diperoleh nilai *RMR* dasar.
2. Menentukan nilai *RMR* terkoreksi dengan cara menjumlahkan nilai bobot dari langkah pertama dan kedua, kemudian menentukan kelas massa batuan berdasarkan nilai *RMR* terkoreksi.
3. Menentukan nilai *SMR* dengan mengambil parameter – parameter terkait yaitu *strike* dan *dip* dari *joint* serta dari *slope*.
4. Dengan rumus *SMR* diakumulasikan dengan nilai *RMR* sehingga diperoleh nilai *SMR* yang akan digunakan di tiap *section*.
5. Geometri lereng final mengacu kepada nilai *SMR* menurut Romana (1993), dengan membuat *overall slope* berdasarkan nilai rata – rata *SMR* dan nilai *SMR* terkecil dikarenakan nilai rata – rata dan nilai *SMR* terkecil tersebut dianggap sudah mewakili dari semua nilai *SMR* yang ada.
6. Kemudian dengan menggunakan bantuan *Software Roclab 1.0* didapat nilai kohesi (c) dan nilai sudut geser dalam, dan mengkorelasinya dengan hasil data laboratorium mekanika batuan.
7. Melakukan analisis kestabilan lereng menggunakan *software Slope/W 2004* untuk diperoleh nilai *Factor of Safety*. Simulasi kestabilan lereng dilakukan 3 kali yaitu, analisis dalam keadaan *non saturated*, *saturated* tanpa pengaruh gempa, dan *saturated* dengan pengaruh koefisien gempa. Berdasarkan data kegempaan regional Provinsi Kalimantan Selatan yang memiliki *Seismic load* horisontal sebesar 0.01 dan vertikal sebesar 0.005.

HASIL DAN PEMBAHASAN

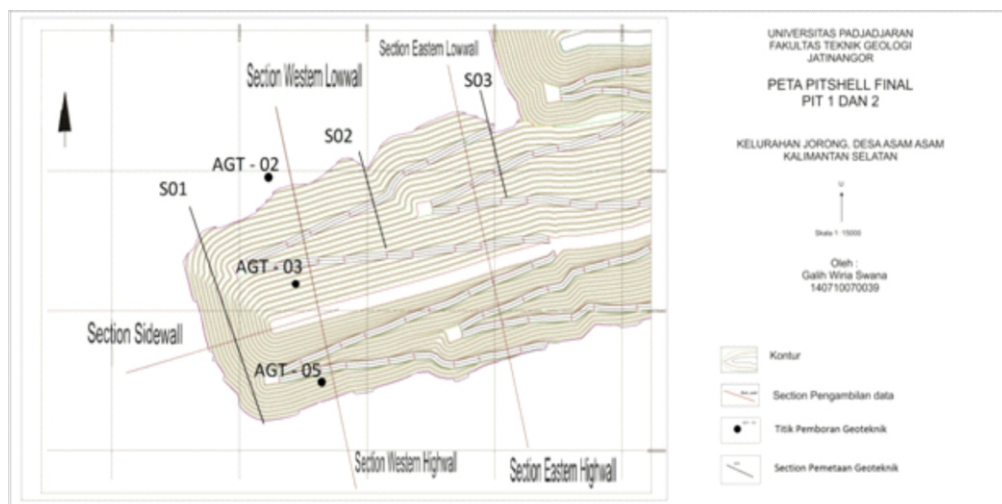
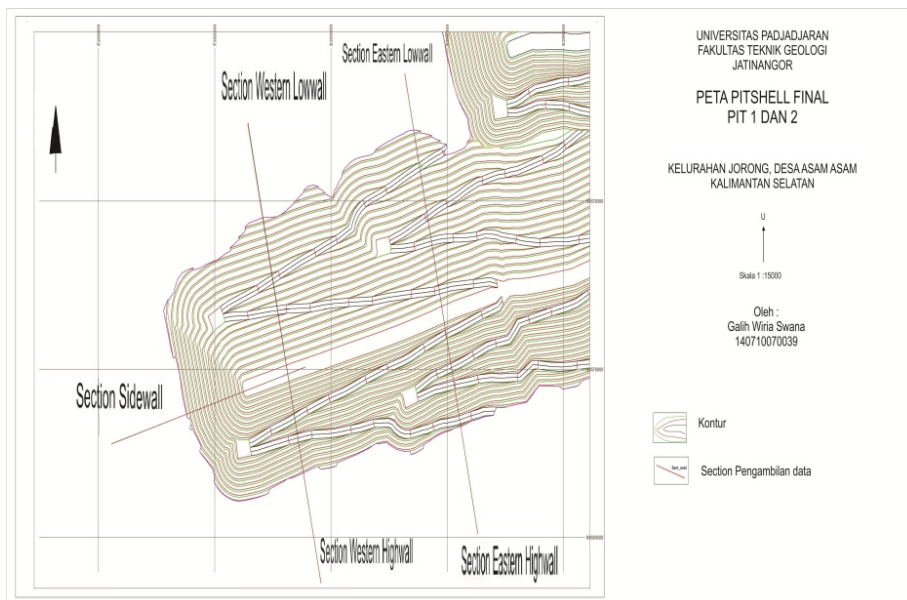
Geologi Teknik

Hasil uji *Direct Shear* pada *sample*

Tabel 1.
Sifat mekanik batuan pada daerah penelitian

No.	Material	γ_{dry} (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	c (kPa)	ϕ (°)
1	Mudstone	18	20.34	101-249	17.11 -31.5
2	Carbonaceous Mudstone	18.6	21.018	45-148	9.01 -21.85
3	Batupasir	17.9	20.94	130.3-550	21-46.37
4	Batubara	13.5	20.115	130-464	25.46-48.42

Keterangan:
 γ_{dry} = Bobot isi kering
 γ_{sat} = Bobot isi jenuh
 c = Kohesi
 ϕ = Sudut geser dalam



Gambar 2. Posisi lereng di daerah penelitian, titik pengeboran geoteknik, section pemetaan geoteknik dan section yang akan dianalisis

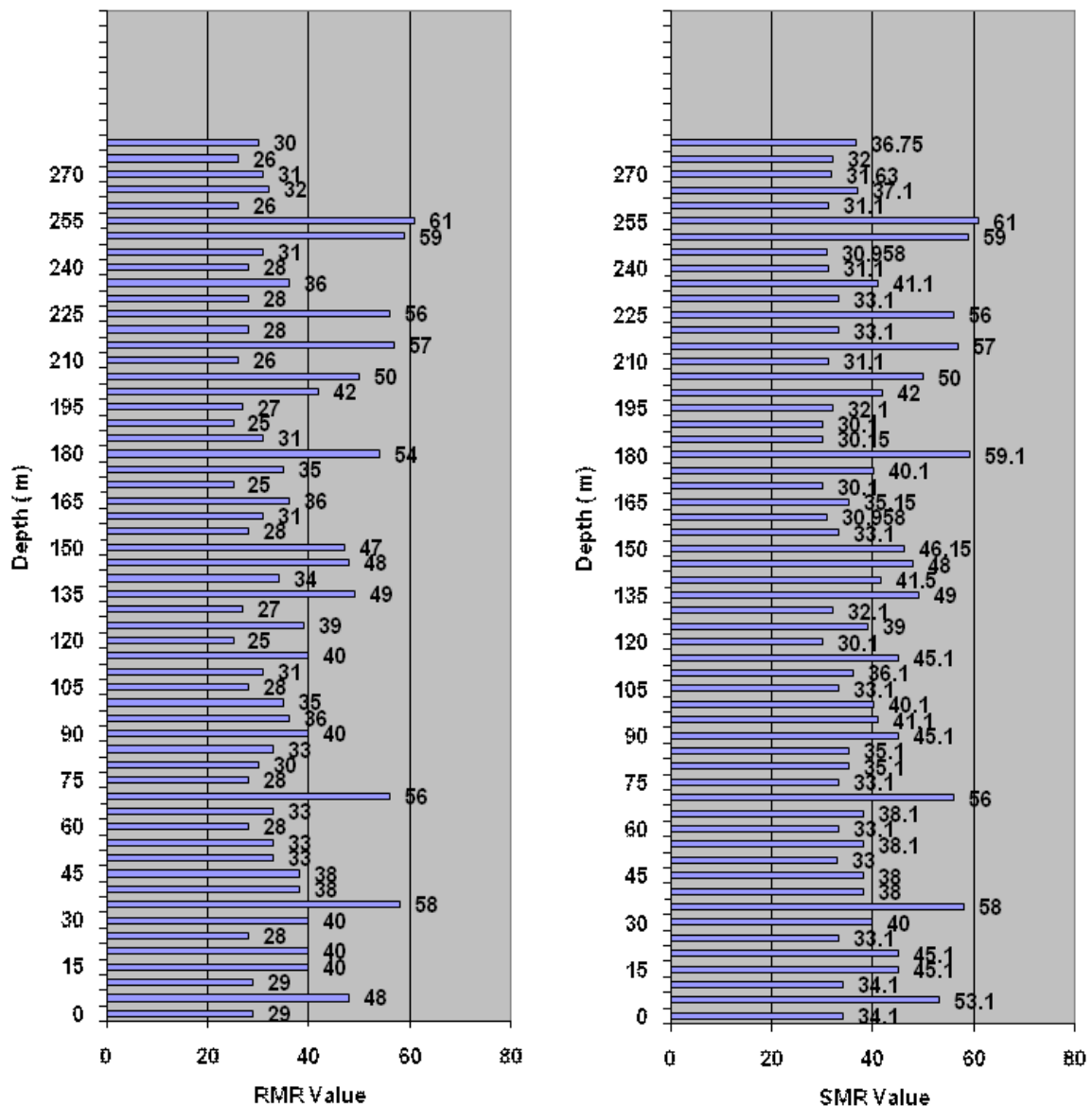
dari daerah penelitian dan hasil penghitungan pada *software Roclab 1.0* diperoleh sifat fisik dan mekanik batuan seperti pada tabel 1.

Penulis membagi bahasan menjadi 5 bagian berdasarkan posisi lerengnya yaitu *Sidewall*, *Western Lowwall*, *Western Highwall*, *Eastern Lowwall*, dan *Eastern Highwall*. Posisi lereng pada daerah penelitian digambarkan pada peta Gambar 2.

**Geomekanik Batuan
Sidewall**

Sidewall adalah lereng penghubung lereng *Highwall* dan *Lowwall*. Lereng *sidewall* memiliki arah kemiringan relatif sejajar terhadap arah jurus pelapisan batuan.

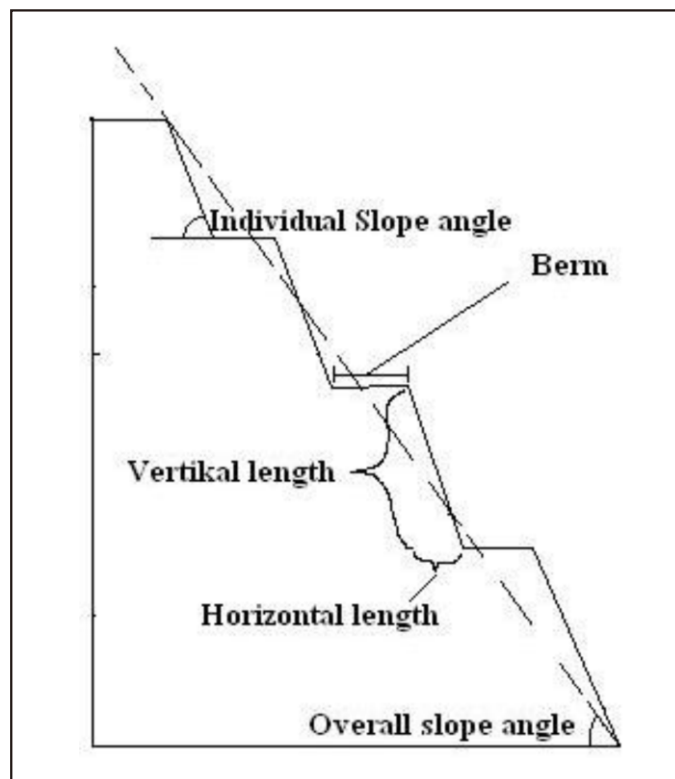
Data *RMR* diperoleh dari pemetaan geomekanik pada section S01. Kisaran *RMR* pada section *Sidewall* berkisar antara 25 – 59 (Gambar 3) yang termasuk kelas massa



Gambar 3. Rekapitulasi data *RMR* dan *SMR* pada section S01 berbanding terhadap kedalaman

Tabel 2.
Geometri lereng pada section Sidewall

<i>Sidewall</i>	<i>Overall slope</i>	<i>Jumlah Undakan</i>	<i>Perbandingan bench Horizontal :V ertikal</i>	<i>Lebar Berm</i>	<i>Individual slope</i>
Rata - rata SMR	39.67°	16	6 : 10	7.62 m	62.8°
SMR terkecil	30.1°	16	7 : 10	9.52 m	53°
Desain Final Lereng sebelumnya	34°	16	7 : 10	9.50 m	59°



Gambar 4. Parameter-parameter dalam geometri lereng tambang

Tabel 3.
Hasil Analisis kestabilan lereng pada lereng Sidewall

<i>Sidewall</i>	<i>Overall slope</i>	<i>FS</i>		
		<i>Non-saturated</i>	<i>Saturated</i>	<i>Saturated+Seismic Load</i>
Rata – rata SMR	39.67°	1.882	1.303	1.282
SMR terkecil	30.1°	2.632	1.885	1.841
Desain Final Lereng sebelumnya	34°	2.158	1.525	1.489

batuan kelas III dan IV sebagai nilai *RMR* terkecil atau *poor rock*.

Nilai *SMR* berkisar antara 30.1° – 59° (Gambar 3) dan untuk simulasi digunakan nilai rata – rata dan nilai *SMR* terkecil. Tabel 2 adalah geometri lereng yang akan dilakukan simulasi dan Parameter dalam lereng di atas bisa kita ketahui dalam sketsa pada gambar 4.

Tabel 3 menggambarkan bahwa semakin besar sudut *overall slope* yang dibentuk maka semakin kecil nilai *FS* yang dihasilkan. Hal ini berlaku untuk semua simulasi yaitu pada kondisi kering (*non-saturated*), pada kondisi jenuh (*saturated*), dan jenuh dengan pengaruh gempa (*seismic load*).

Berdasarkan hasil simulasi di atas dapat disimpulkan bahwa untuk desain final lereng pada *section sidewall* akan stabil menggunakan *overall slope angle* sebesar $39,67^{\circ}$

Hasil simulasi pada sudut *overall slope* yang dibentuk dari nilai rata – rata *SMR* pada *Sidewall* dapat dilihat pada Gambar 5.

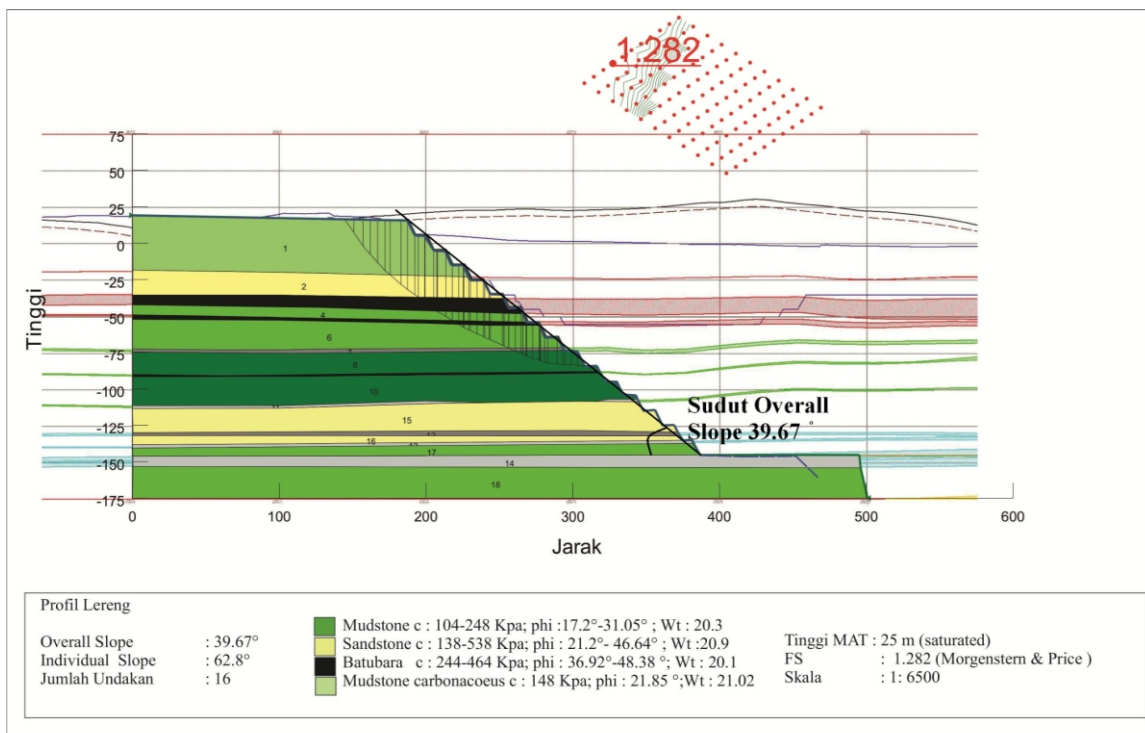
Western Lowwall

Lowwall adalah lereng landai yang arah kemiringan lerengnya searah dengan arah kemiringan (*dip*) pelapisan batuan.

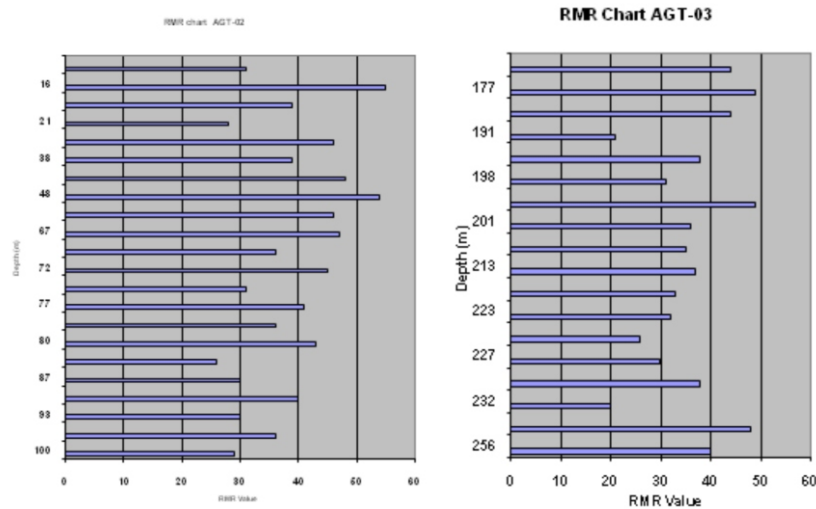
Nilai *RMR* pada *Western Lowwall* diperoleh dari hasil korelasi data bor AGT - 02 dan AGT – 03, dengan *RMR* berkisar antara 20 – 55 (Gambar 6) sehingga massa batuan ada pada kelas III dan V. Pada kelas massa batuan III atau *fair rock* umumnya ialah *Mudstone* dan Batubara dan pada kelas massa batuan V atau *very poor rock*.

Pada section ini diperoleh nilai *SMR* berkisar antara 20° – 55° (Gambar 7) dan rata – rata *SMR* sebesar $38,2^{\circ}$, sedangkan untuk simulasi digunakan nilai rata – rata dan nilai *SMR* terkecil.

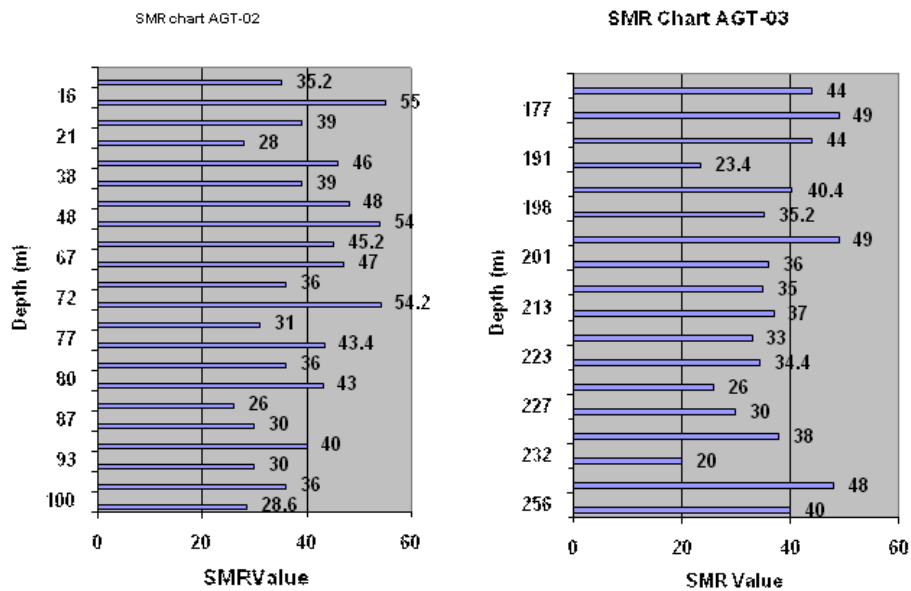
Tabel 4 dan 5 memberi gambaran bahwa semakin besar sudut *overall slope* yang dibentuk maka semakin kecil nilai *FS* yang dihasilkan. Hal ini berlaku untuk semua simulasi yaitu pada kondisi kering, pada kondisi jenuh, dan jenuh dengan pengaruh gempa.



Gambar 5. Simulasi desain lereng final pada *section Sidewall*



Gambar 6. Rekapitulasi data RMR pada data bor AGT -02 dan AGT -03 terhadap kedalaman



Gambar 7. Rekapitulasi data SMR pada data bor AGT -02 dan AGT -03 terhadap kedalaman

Tabel 4.
Geometri desain lereng final *Western Lowwall*

Western Lowwall	Overall slope	Jumlah Undakan	Perbandingan Horizontal : Vertikal	Lebar Berm	Individual slope
Rata- rata SMR	38.2°	17	22 : 29 (ramp 23 m)	22 m	58°
SMR terkecil	20°	19	18 : 9 (ramp 48 m)	5.61 m	27.2°
Desain Final Lereng sebelumnya	23°	20	17:10 (ramp 25 m)	5.6 m	31°

Tabel 5.
Hasil Analisis kestabilan lereng pada lereng Western Lowwall

Western Lowwall	Overall slope	FS		
		Non-Saturated	Saturated	Saturated + Seismic Load
Rata – rata SMR	38.2°	0.889	0.632	0.620
SMR terkecil	20°	1.766	1.162	1.123
Desain Final Lereng sebelumnya	23°	1.438	0.961	0.929

Berdasarkan hasil simulasi disarankan menggunakan nilai *overall slope angle* sebesar 20° pada *section Western Lowwall* ini, namun diperlukan penurunan muka air tanah sebesar -75 m hingga FS naik menjadi 1,274 yang menurut Bowles (1984) lereng berada pada kondisi stabil pada kondisi lereng jenuh dan dalam pengaruh gempa.

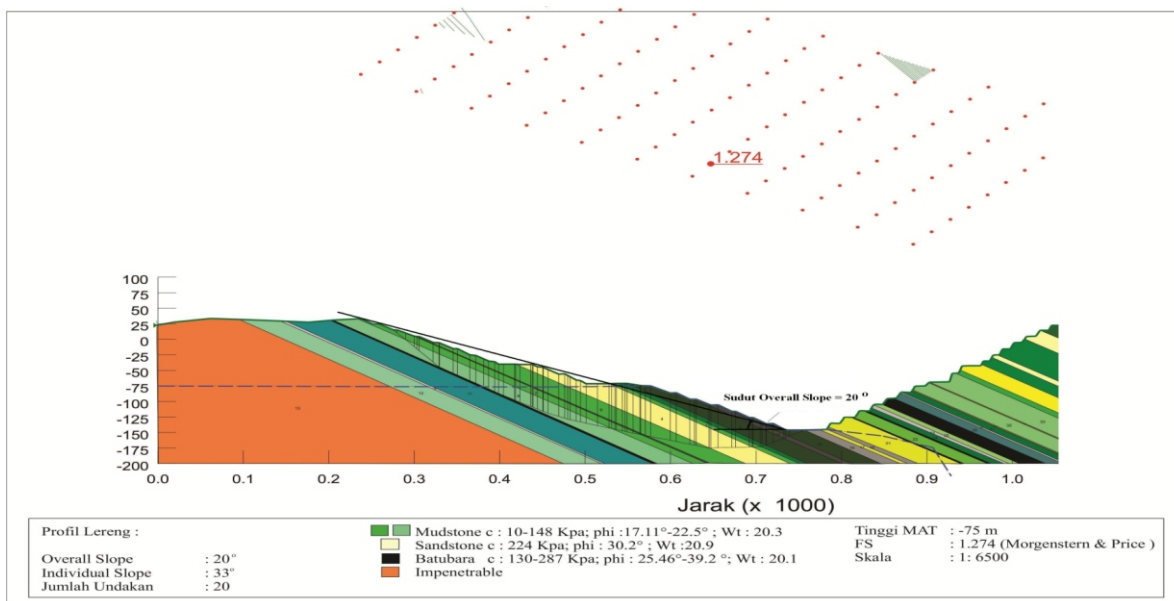
Hasil simulasi pada sudut *overall slope* yang dibentuk dari SMR terkecil pada *Western Lowwall*, dengan penurunan muka

air tanah hingga -75 m dapat dilihat pada Gambar 8.

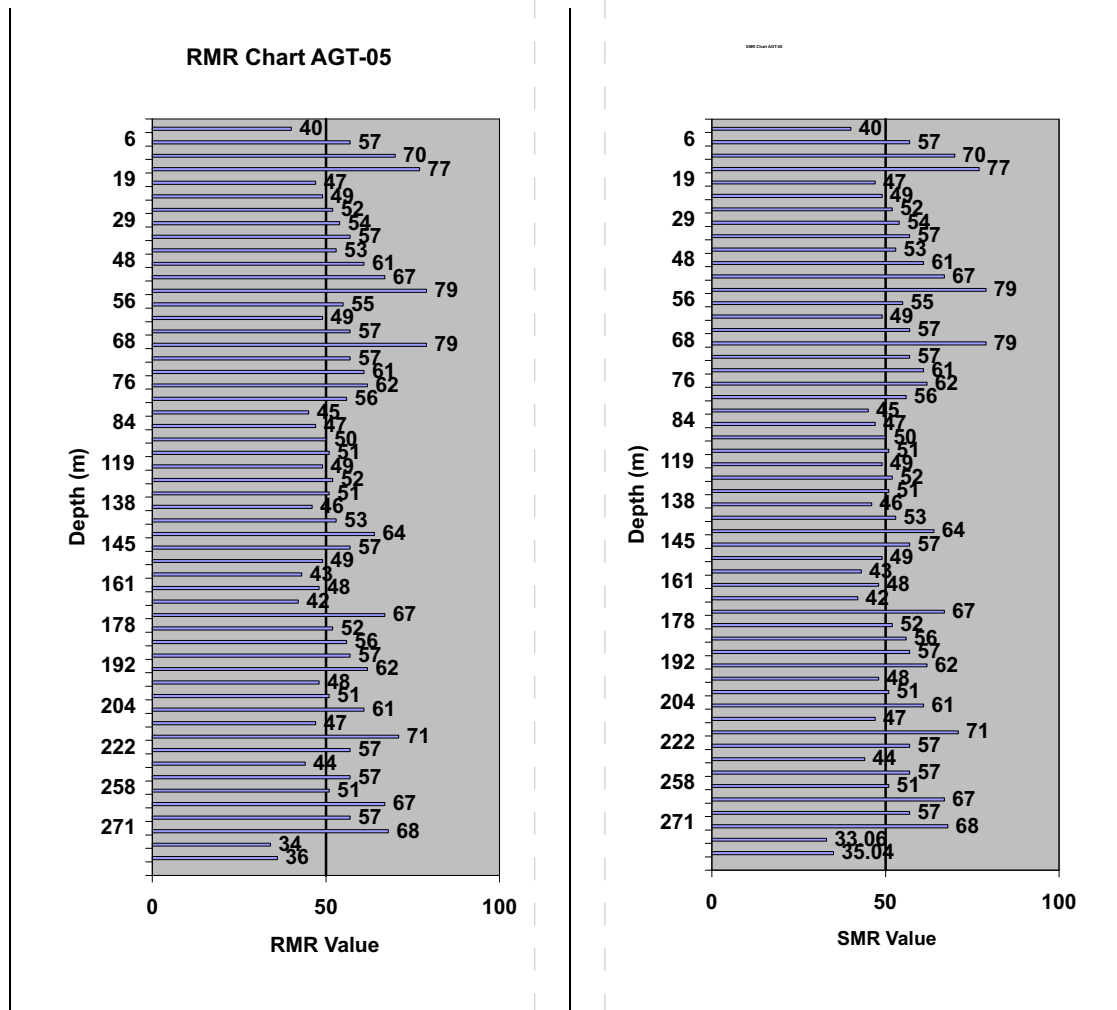
Western Highwall

Highwall adalah lereng terjal yang arah kemiringan lerengnya berlawanan dengan arah kemiringan (*dip*) perlapisan batuan.

Nilai *RMR* pada *Western Highwall* diperoleh dari hasil korelasi data bor AGT 05 yang berkisar antara 34 -71 (Gambar 9). Dengan nilai *RMR* tersebut diperoleh massa



Gambar 8. Simulasi desain lereng final pada *section Western Lowwall*



Gambar 9. Rekapitulasi data RMR dan SMR pada data bor AGT -05 terhadap kedalaman

Tabel 6.
Geometri rencana lereng final Western Highwall

<i>Western Highwall</i>	<i>Overall slope</i>	Jumlah Undakan	Perbandingan bench H horizontal :V vertikal	Lebar Berm	<i>Individual slope</i>
Rata - rata SMR	55,03 ⁰	20	2:10 (ramp 14 m)	4,65 m	78,3 ⁰
SMR terkecil	33,06 ⁰	20	4 : 10 (ramp 22 m)	12,07 m	63,8 ⁰
Desain Final Lereng sebelumnya	31,9 ⁰	20	5 : 8 (ramp 25 m)	9,42 m	62,7 ⁰

Tabel 7.
Hasil analisis kestabilan lereng pada lereng Western Highwall

<i>Western Highwall</i>	<i>Overall slope</i>	FS		
		<i>Non-saturated</i>	<i>Saturated</i>	<i>Saturated + Seismic Load</i>
Rata – rata SMR	55,03 ⁰	1,200	0,722	0,712
SMR terkecil	33,06 ⁰	1,514	1,080	1,069
Desain Final Lereng sebelumnya	31,9 ⁰	1,728	1,164	1,136

batuan berkisar antara kelas II, III dan IV. Kelas massa batuan II adalah *good rock*.

Untuk nilai *SMR* ada pada kisaran antara $33,06^\circ - 71^\circ$ (Gambar 9) dengan rata – rata *SMR* diperoleh sebesar $55,03^\circ$. Untuk simulasi digunakan nilai rata – rata dan nilai *SMR* terkecil dan desain lereng final yang ada sebelumnya sebagai pembandingan.

Tabel 6 dan 7 menggambarkan bahwa semakin besar sudut *overall slope* yang dibentuk maka semakin kecil nilai *FS* yang dihasilkan.

Berdasarkan keperluan tambang dan untuk mengurangi batuan *overburden* maka disarankan menggunakan nilai *overall slope angle* sebesar $33,06^\circ$ (geometri pada tabel 6). Namun diperlukan penurunan muka air tanah sebesar -25 m sehingga nilai *FS* ada pada 1,282 pada kondisi jenuh (*fully saturated*) dan dalam pengaruh *seismic load*, yang menurut Bowles (1984) nilai *FS* tersebut ada pada kondisi stabil.

Hasil simulasi pada sudut *overall slope* yang dibentuk dari *SMR* terkecil pada *Western Highwall*, dengan penurunan muka

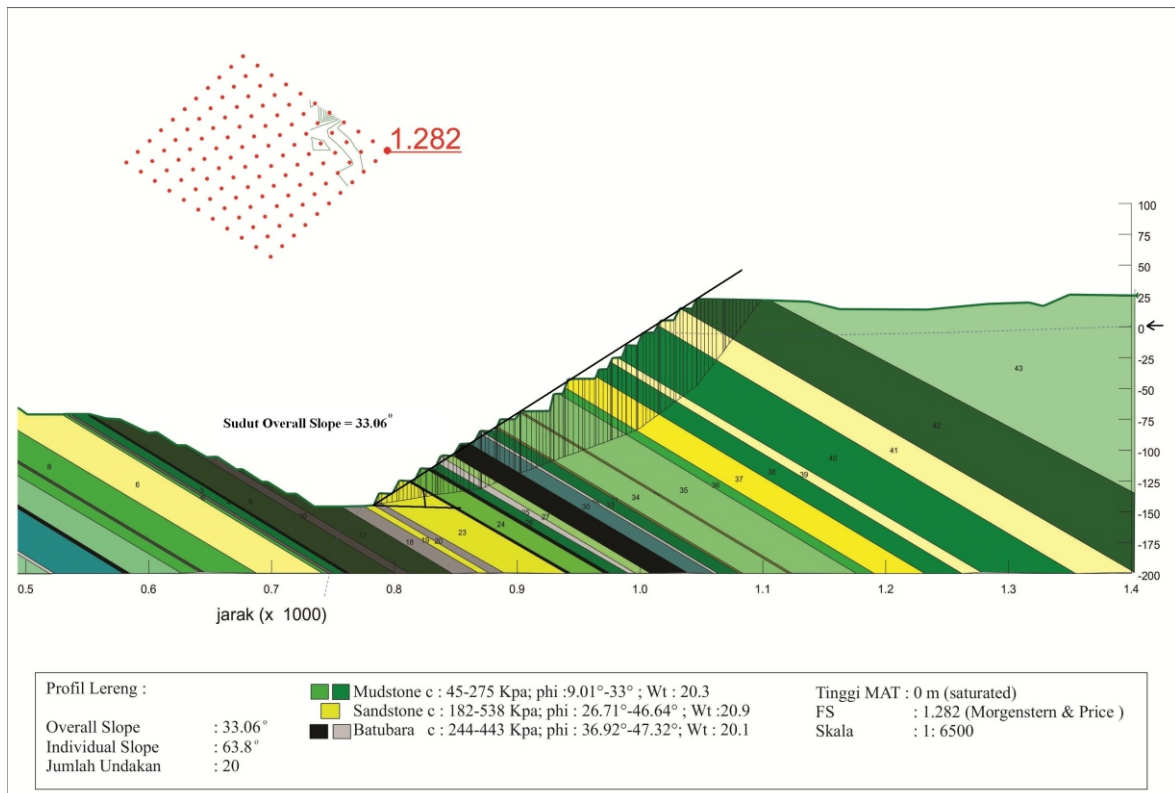
air tanah hingga -25 m, dapat dilihat pada Gambar 10.

Eastern Lowwall

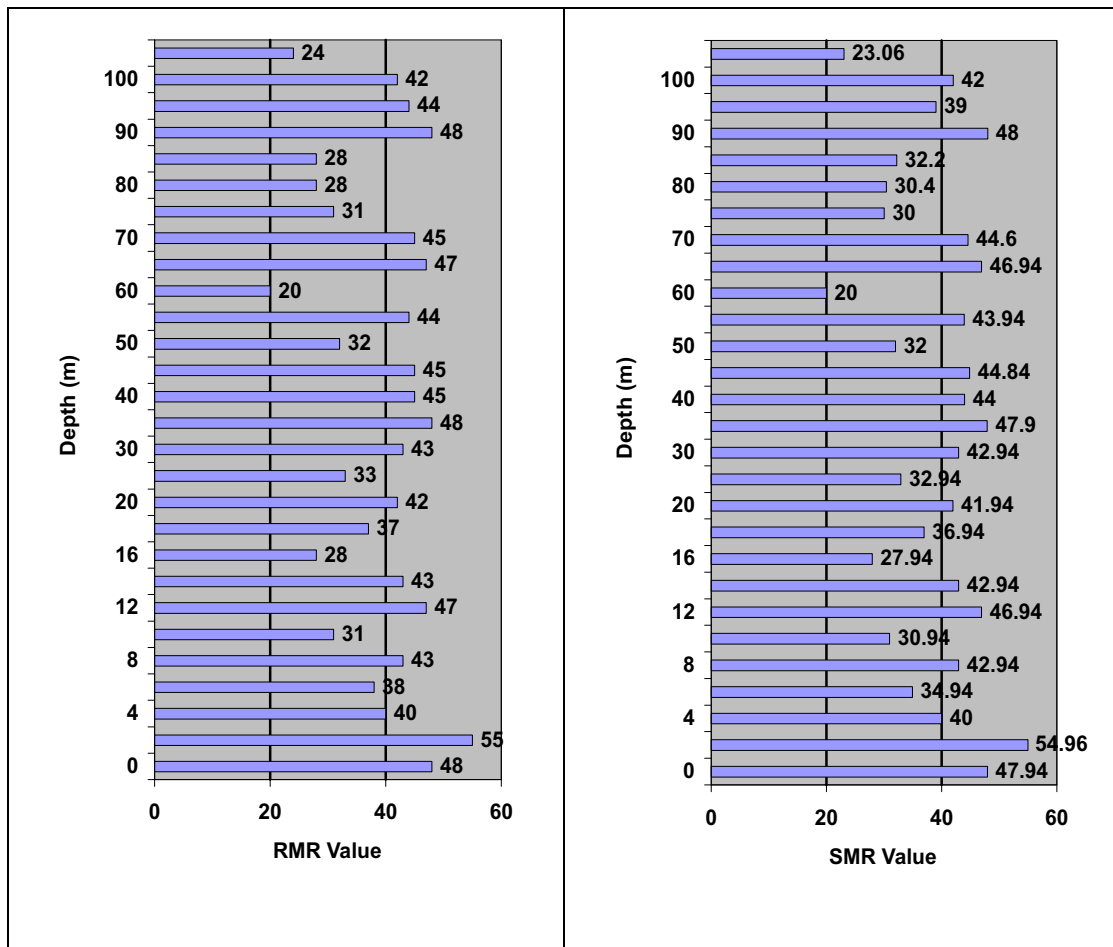
RMR pada bagian *Eastern Lowwall* diperoleh dari hasil korelasi dari pemetaan geomekanik pada S03 dan S02. Pada section ini *RMR* berkisar antara 20 - 55 (Gambar 11) yang berarti massa batumannya berkisar antara kelas III – V atau ada pada rentang *fair rock* hingga *very poor rock*.

Dari gambar diatas diperoleh nilai *SMR* berkisar antara $20^\circ - 54,96^\circ$ dengan rata – rata *SMR* diperoleh sebesar $39,04^\circ$. Untuk simulasi digunakan nilai rata – rata dan nilai *SMR* terkecil dan desain lereng final yang ada sebelumnya sebagai pembandingan.

Dari tabel diatas bisa disimpulkan bahwa semakin besar sudut *overall slope* yang dibentuk maka semakin kecil nilai *FS* yang dihasilkan. Hal ini berlaku untuk semua simulasi yaitu pada kondisi kering (*non-saturated*), pada kondisi jenuh (*saturated*), dan jenuh dengan pengaruh gempa



Gambar 10. Simulasi desain lereng final pada section Western Highwall



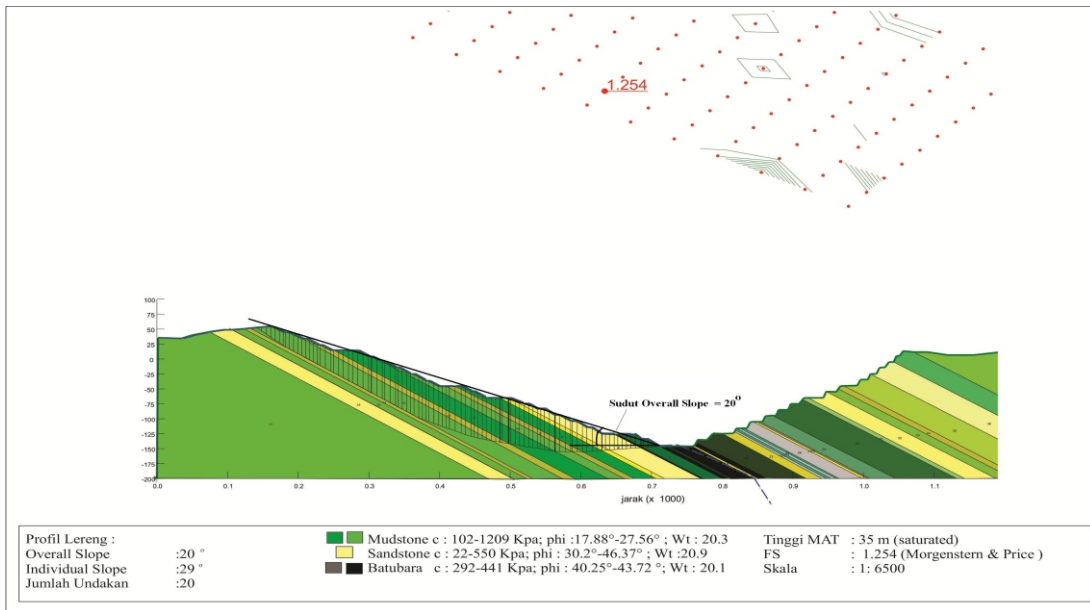
Gambar 11. Rekapitulasi data RMR dan SMR pada data section S02 & S03 terhadap kedalaman

Tabel 8. Geometri desain lereng final pada lereng Eastern Lowwall

Eastern Lowwall	Overall slope	Jumlah Undakan	Perbandingan bench Horizontal : Vertikal	Lebar Berm	Individual slope
Rata - rata SMR	39,04°	5	13 : 18 (<i>ramp</i> 22 m)	22 m	52°
SMR terkecil	20°	20	16 : 9 (<i>ramp</i> 35 m)	4,94 m	29°
Desain Final Lereng sebelumnya	22°	21	16 : 9 (<i>ramp</i> 25 m)	4,58 m	30,8°

Tabel 9. Hasil analisis kestabilan lereng pada lereng Eastern Lowwall

Eastern Lowwall	Overall slope	FS		
		<i>Non saturated</i>	<i>Saturated</i>	<i>Saturated + Seismic Load</i>
Rata – rata SMR	39,04°	0,977	0,652	0,641
SMR terkecil	20°	1,776	1,288	1,254
Desain Final Lereng sebelumnya	22°	1,735	1,216	1,185



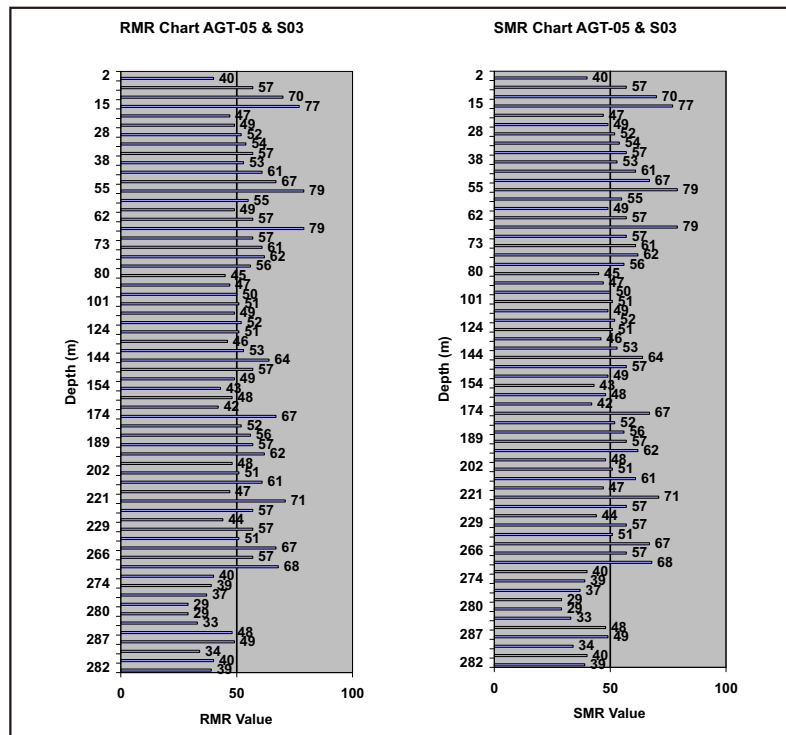
Gambar 12. Simulasi desain lereng final pada section Eastern Lowwall

(seismic load). Untuk mengurangi batuan overburden maka disarankan menggunakan nilai overall slope angle sebesar 20°.

Hasil simulasi pada sudut overall slope yang dibentuk dari SMR terkecil pada lereng Eastern Lowwall (Gambar 12).

Eastern Highwall

RMR pada lereng Eastern highwall diperoleh dari hasil korelasi pemetaan geomekanik pada S03 dan data bor AGT-05, sehingga diperoleh RMR ada pada kisaran 29 -79 (Gambar 13) atau termasuk kelas



Gambar 13. Rekapitulasi data RMR dan SMR pada data section AGT 05 & S03 terhadap kedalaman

massa batuan II, III, dan IV. Kelas massa batuan II atau *good rock* umumnya berupa *Mudstone* dan batupasir ataupun *muddy sandstone* yang bersifat masif dan memiliki sedikit diskontinuitas. Sedangkan untuk kelas massa batuan III atau *fair rock* berupa batubara dan batupasir.

Berdasarkan gambar 13 diperoleh nilai *SMR* berkisar antara 29° – 79° dengan rata – rata *SMR* sebesar $52,75^{\circ}$. Untuk simulasi digunakan nilai rata – rata dan nilai *SMR* terkecil dan desain lereng final yang ada sebelumnya sebagai pembanding.

Berdasarkan Tabel 10 dan 11 dapat disimpulkan bahwa semakin besar sudut *overall slope* yang dibentuk maka semakin kecil nilai *safety factor* yang dihasilkan. Dilihat dari keperluan tambang dan untuk

mengurangi batuan *overburden* disarankan menggunakan nilai *overall slope angle* sebesar 29° .

Hasil simulasi pada sudut *overall slope* yang dibentuk dari *SMR* terkecil pada *Eastern Highwall* dapat dilihat pada Gambar 14.

Berdasarkan grafik perbandingan *RMR* terhadap kedalaman pada tiap *section*, memperlihatkan bahwa nilai *RMR* bervariasi dan tidak bergantung terhadap kedalaman karena daerah penelitian disusun oleh material batuan sedimen yang tidak homogen.

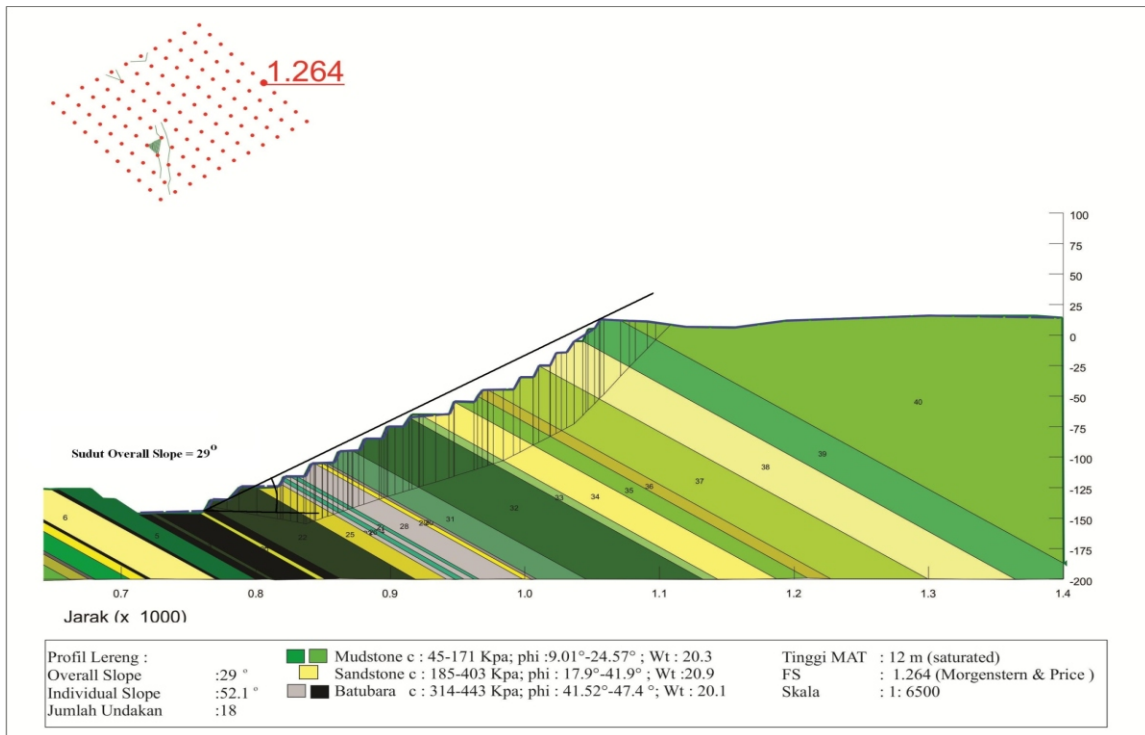
Dari hasil simulasi di atas dapat direkomendasikan geometri lereng untuk tiap *section* dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 10.
Geometri desain lereng final pada lereng *Eastern Highwall*

<i>Eastern highwall</i>	<i>Overall slope</i>	Jumlah Undakan	Perbandingan <i>bench</i> Horizontal :V ertikal	Lebar <i>Berm</i>	<i>Individual slope</i>
Rata - rata <i>SMR</i>	52°	17	1 : 9 (<i>ramp</i> 14 m)	18 m	$80,2^{\circ}$
<i>SMR</i> terkecil	29°	18	4 : 9 (<i>ramp</i> 27 m)	14,55 m	$52,1^{\circ}$
Desain Final Lereng sebelumnya	30°	18	5 : 9 (<i>ramp</i> 26 m)	8,06 m	$61,2^{\circ}$

Tabel 11.
Hasil analisis kestabilan lereng pada lereng *Eastern Highwall*

<i>Eastern highwall</i>	<i>Overall slope</i>	<i>FS</i>		
		<i>Non saturated</i>	<i>Saturated</i>	<i>Saturated + Seismic Load</i>
Rata – rata <i>SMR</i>	52°	1,272	0,709	0,697
<i>SMR</i> terkecil	29°	1,941	1,294	1,264
Desain Final Lereng sebelumnya	30°	1,890	1,230	1,205



Gambar 14. Simulasi desain lereng final pada section Eastern Highwall

Tabel 12.
 Rekomendasi geometri lereng untuk tiap section

Section	Overall Slope	Jumlah Undakan	Perbandingan H : V	Individual Slope	Penurunan water table
Sidewall	39,67°	16	6 : 10	62,8°	-
Western Lowwall	20°	19	18 : 9 (ramp 48 m)	27,2°	hingga -75 m
Western Highwall	33,06°	20	4 : 10 (ramp 25 m)	63,8°	hingga -25 m
Eastern Lowwall	20°	20	16 : 9 (ramp 35 m)	29°	-
Eastern Highwall	29°	18	4 : 9 (ramp 27 m)	52,1°	-

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil simulasi kestabilan lereng, pada lereng yang dibentuk dari nilai SMR diperoleh kesimpulan bahwa tidak semua lereng yang dihitung dari nilai SMR memberikan jaminan bahwa lereng tersebut akan stabil. Namun dari grafik hubungan nilai FS dengan overall slope angle bisa diambil kesimpulan bahwa semakin besar sudut lereng maka semakin kecil nilai FS,

sehingga lereng pun semakin berada pada kondisi tidak stabil.

Pada lereng Sidewall, Eastern Lowwall, dan Eastern Highwall, lereng umumnya stabil dengan menggunakan nilai SMR terkecil. Namun pada section lereng Western Lowwall dan Western Highwall, lereng akan stabil jika sudut lereng yang dibentuk dibawah nilai sudut SMR terkecil

atau diperlukan penurunan muka air tanah hingga kedalaman -75 m pada lereng *Western Lowwall*, dan sedalam -25 m pada lereng *Western Highwall* agar nilai FS nya ada pada kondisi stabil.

Penelitian lanjutan disarankan dilakukan pada saat musim hujan sehingga didapat kondisi batuan yang jenuh air (*Fully Saturated*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu selama proses penelitian ini khususnya kepada Endang Wawan, ST., yang telah memberi izin untuk melakukan penelitian juga kepada Prof. Dr. Ir. Febri Hirnawan atas aneka saran yang diberikan dalam penulisan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bieniawski, Z.T. 1989. "Engineering Rock Mass Clasification : A Complete Manual for Engineers and Geologist in Mining, Civil, and Petroleum Engineering". Canada : John Wiley & Sons Inc.
- Bowles, E., Joseph. 1984. *Physical and Geotechnical Properties of Soil: Second Edition*. New York : McGraw-Hill. Hal. 525-548
- Eberhardt, E. 2005. *Geotechnical Engineering Practice & Design : Lecture 7 : Limit Equilibrium*. EOSC.
- Hirnawan, F. 2009. *Pendidikan dan Pelatihan Analisis Kestabilan Lereng: Metode RMR dan SMR*. Bandung: Pusdiklat Geologi.
- Hoek, E., Carranza-Torres, C., dan Corkum, B. 2002. *Hoek-Brown Failure Criterion, 2002 Edition*. Toronto: Dept. of Civil Engineering, University of Toronto.
- Hoek, E., and Marinos, P. 2007. *A Brief History of the Development of the Hoek Brown Failure Criterion, Brazilian Journal of Soil and Rocks, No. 2*
- Krahn, J. 2004. *Stability Modelling with Slope/W an Engineering Methodology, Geo_Slope/W*. Canada International Ltd.
- Romana, M.R. 1993. *A Geomechanical Classification for Slopes: Slope Mass Rating*. Spain: Universidad Politécnic Valencia.
- Sikumbang N. dan Heryanto R., 1994: *Peta Geologi Lembar Banjarmasin 1712, Kalimantan, skala 1:250.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G) Bandung*.
- Sjoberg, J. 1997. *Estimating Rock Mass Strength Using the Hoek-Brown Failure Criterion and Rock Mass Classification*. Sweden : Lulea University of Technology Division of Rock Mechanics.

Diterima tanggal 24 Mei 2012 Revisi tanggal 27 Juli 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	Judul (<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	Abstrak dan <i>Abstract</i>	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

III	Pendahuluan (<i>Introduction</i>)	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.
IV	Metode (<i>Method</i>)	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.
V	Hasil dan Analisis (<i>Results and Analysis</i>).	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> .
VI	Pembahasan atau Diskusi (<i>Discussion</i>).	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.
VII	Kesimpulan dan Saran (<i>Conclusions and Recommendation</i>)	Berisi kesimpulan dan saran dari hasil uji hipotesis tentang penelitian, dan berisi segitiga konsistensi (masalah, tujuan dan kesimpulan).
VIII	Ucapan Terima Kasih (<i>Acknowledgements</i>)	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.
IX	Acuan (<i>References</i>)	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>)

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*, 2nd edition, John Wiley and Sons, New York, h.632-683.

Prosiding

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

Skripsi/Tesis/Disertasi

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

Informasi dari Internet

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

Alamat Redaksi

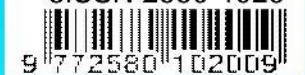
Buletin Sumber Daya Geologi
Bagian Tata Usaha, Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi
Jalan Soekarno Hatta No. 444 Bandung 40254
Tel. (022) 522 6270, 520 2698, Fax: (022) 522 6263,
Website : <http://psdg.geologi.esdm.go.id/>
OJS: buletinsdg.geologi.esdm.go.id
Email: buletinpsdg@gmail.com

ISSN 1907-5367



9 771907 536770

eISSN 2580-1023



9 772580 102009