

# PROSIDING

TEMU PROFESI TAHUNAN (TPT) XVII PERHAPI 2008  
PALEMBANG, 24-25 JULI 2008

PENGEMBANGAN PROSES,  
TEKNOLOGI DAN PROFESIONALISME  
MENUJU KEBERLANJUTAN PERTAMBANGAN

# PERHAPI

PERHIMPUNAN AHLI PERTAMBANGAN INDONESIA  
ASSOCIATION OF INDONESIAN MINING PROFESSIONALS

## **PROSIDING TPT XVII PERHAPI 2008**

### **Kata Pengantar**

Salam PERHAPI,

Pembangunan berkelanjutan merupakan tanggung jawab sektor Pertambangan bersama-sama sektor lainnya. Oleh karena itu, kita mengharapkan peningkatan profesionalisme para anggotanya dan pengembangan teknologi yang menunjang pembangunan tersebut.

Salah satu wahana untuk mendapatkan masukan agar dapat mewujudkan cita-cita bersama ini Temu Profesi Tahunan (TPT) XVII PERHAPI Tahun 2008 di Palembang tanggal 24-25 Juli 2008 mengambil tema “Pengembangan Proses, Teknologi dan Profesionalisme Menuju Keberlanjutan Pertambangan”. Selain sebagai wahana tukar pikiran atau untuk memperkaya wawasan, antar anggota PERHAPI maupun dengan pihak-pihak terkait, makalah-makalah ini diharapkan sebagai salah satu masukan untuk Pembangunan Berkelanjutan tersebut. Dalam Acara ini, 32 makalah yang telah dipilih dari 50 makalah yang masuk, akan dipresentasikan oleh pemakalah dan 3 Pemenang lomba makalah tingkat mahasiswa.

Semua makalah masuk dalam Prosiding TPT XVII PERHAPI 2008 TPT XVII PERHAPI 2008 yang berisi 53 Makalah yang dibagi menjadi Kelompok Kebijakan/Mineral Ekonomi, Kelompok Geologi/Eksplorasi, Kelompok Penambangan, Kelompok Pengolahan/Metalurgi, Kelompok Lingkungan Tambang dan Kelompok “Student Paper Contest”.

Dalam kesempatan yang berbahagia ini pula, segenap Pengurus PERHAPI ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah mendukung sehingga acara TPT XVII PERHAPI 2008 dapat terselenggara dengan baik.

Jakarta, 24 Juli 2008

Prof. Dr. Ir. Irwandy Arif, M.Sc

Ketua Umum PERHAPI

KATA PENGANTAR  
DAFTAR ISI

i  
ii

	<b>KELOMPOK I : KEBIJAKAN/MINERAL EKONOMI</b>	Hal
1	Merencanakan Bahan Bakar Batubara Untuk PLTU 10.000 MW, <b>Ir.Amirrusdi, M.Si</b> , Widyaiswara Madya, Pusdiklat Ketenagalistrikan Dan Energi Baru Terbarukan.	1
2	Endapan Logam Dasar Di Pegunungan Selatan-Jawa Dan Optimalisasi Penambangannya Yang Berbasis Masyarakat Lokal, <b>Arifudin Idrus</b> , Jurusan Teknik Geologi FT-UGM.	12
3	Mampukan Tambang Mengurangi Kemiskinan?, <b>Harry Miarsono, Ph.D.</b> , PT Kaltim Prima Coal.	21
4	Aspek Sosial Dalam Rencana Penambangan Pasir Besi Kulon Progo, <b>D.Haryanto</b> , Jurusan T. Pertambangan – Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.	32
5	Meneropong Perubahan Paradigma Profesionalisme Maintenance Equipment Mencapai Zero Technology di Dunia Pertambangan, <b>Irwan</b> , Maintenance Engineer PT. International Nickel Indonesia Tbk.	40
6	Kajian Dampak Lingkungan Program Sumatera Selatan Sebagai Lumbung Energi Nasional, <b>M. Taufik Toha</b> , Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.	48
7	Strategi Pengembangan Energi Baru Dan Terbarukan Untuk Percepatan Sumatera Selatan Sebagai Lumbung Energi Nasional, <b>Machmud Hasjim dan M. Taufik Toha</b> , Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.	64
8	Pemberdayaan Ekonomi Masyarakat Pedesaan Disekitar Lokasi Pertambangan (“Proyek Tambang Emas PT. Cibaliung Sumberdaya”), <b>Noegroho Soeprayitno</b> , PT. Cibaliung Sumberdaya.	76
9	Industri Pertambangan Umum Dan Keberlanjutan Fiskal: Peranan PT. Freeport Indonesia, <b>Nuzul Achjar, Khoirunurrofik, Uka Wikarya, Ibrahim Kholilul Rohman, Widyono Soetjipto</b> ; Lembaga Penyelidikan Ekonomi dan Masyarakat, Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia (LPEM-FEUI).	81

**PROSIDING TPT XVII PERHAPI 2008**

10	Pengaruh Kebijakan Pemerintah (Government Policies) Dan Potensi Mineral (Mineral Potential) Terhadap Investasi Pada Industri Tambang Indonesia Dan Turkey, <b>Perisai Ginting</b> , PT. International Nickel Indonesia Tbk.	92
11	Clean Development Mechanism (CDM) Pasca Tambang di Pertambangan Batubara PT Kaltim Prima Coal : Suatu Kajian Pustaka, <b>Restu Juniah</b> , Jurusan Pertambangan Fakultas Teknik Unsri.	106
12	Refleksi 100 Tahun Kebangkitan Nasional Dan Perjalanan Industri Pertambangan Di Indonesia Sebuah Pendekatan Historis Komperatif, <b>Rezki Syahrir</b> .	114
13	Strategi Pemilihan Teknologi Pemanfaatan Batubara Peringkat Rendah Indonesia, <b>Rudianto Ekawan<sup>1)</sup>, Aryo P Wibowo<sup>1)</sup>, Rudy S Gautama<sup>1)</sup>, Fadhila A Rosyid<sup>1)</sup>, Johannes Novendi<sup>2),1)</sup> Kelompok Keahlian Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Pertambangan &amp; Perminyakan, Institut Teknologi Bandung 2) Program Magister Rekayasa Pertambangan, Institut Teknologi Bandung.</b>	125
14	Pemanfaatan <i>E-Learning</i> Dalam Pembelajaran Keselamatan Kerja Untuk Mendukung Penambangan Berkelanjutan (Studi Konseptual Untuk Pertambangan), <b>Wayan Dewantara</b> , Human Resources Organization Development PT International Nickel Indonesia Tbk.	140
<b>KELOMPOK II : GEOLOGI/EKSPLORASI</b>		
15	Tomografi Tahanan Jenis Untuk Geoteknik Dan Eksplorasi, <b>B. Sulistijo</b> , Kelompok Keahlian Eksplorasi Sumber Daya Bumi, ITB.	150
16	Penggunaan Geolistrik Tahanan Jenis 2 D Untuk Identifikasi Arah Sebaran Batu Besi Di Daerah Y, Kabupaten Belitung Timur, <b>Eddy Ibrahim</b> , Staf Pengajar Jurusan Teknik Pertambangan dan Prog. Studi S2 Pengelolaan Lingkungan- Pascasarjana, Universitas Sriwijaya.	160
17	Kajian <i>Reservoir</i> Hidrokarbon Dengan Metode <i>Inversion Vertical Electrical Logging</i> (IVEL) Konfigurasi Wenner (Studi Kasus Lapangan "Y" PT. Pertamina EP Region Sumatera), <b>Eddy Ibrahim<sup>1 &amp; 2*)</sup> Ardi<sup>1)</sup> W.W.Parnadi<sup>3)</sup>, <sup>1)</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, <sup>2)</sup>Prog. Studi S2 Pengelolaan Lingkungan-FPS, Universitas Sriwijaya, <sup>3)</sup>Prog. Studi Teknik Geofisika, Institut Teknologi Bandung.</b>	171

**PROSIDING TPT XVII PERHAPI 2008**

18	Do Supergene Enrichment Of Gold (-Silver) Making Pongkor An Economic Deposit?, <b>I Wayan Warmada<sup>1</sup>, Herian Sudarman Hemes<sup>2</sup></b> , <sup>1</sup> Department of Geological Engineering, Faculty of Engineering, Gadjah Mada University, Yogyakarta, Indonesia, <sup>2</sup> PT. Aneka Tambang (Persero) Tbk, Unit Penambangan Emas Pongkor, Bogor, Indonesia	186
19	Pengaruh Faktor Isotropi Dalam Estimasi Titik <i>Inverse Distance Square</i> (Studi Kasus Endapan Timah Aluvial), <b>Ir. Kresno, MM, M.Sc</b> , Jurusan Teknik Pertambangan UPN “Veteran” Yogyakarta	192
20	Keterintegralan Riemann – Based On Leibniz Dalam Perhitungan Bahan Galian, <b>Nur Ali Amri</b> , Jurusan Teknik Pertambangan FTM UPN “Veteran” Yogyakarta.	202
21	Pra Studi Kelayakan Endapan Marmer Di Desa Jetak Kecamatan Tulakan Kabupaten Pacitan, <b>Yanto Indonesianto, Hasywir Thaib, Hans A Detaq</b> , (Teknik Pertambangan UPN “veteran” Yogyakarta.	208
22	Pemakaian Metode Resistivity Sounding Dalam Upaya Mengetahui Katebalan Overburden Dan Distribusi Lapisan Batu Bara Di Batulicin, Kalimantan Selatan, <b>Yatini*, Dwi Poetranto WA**, Imam Suyanto***</b> , *staf pengajar Jurusan Teknik Geofisika UPN “Veteran” Yogyakarta ** staf pengajar Teknik Pertambangan UPN “Veteran”, ***staf pengajar Prodi Geofisika-FMIPA-UGM Yogyakarta.	219
<b>KELOMPOK III : PENAMBANGAN</b>		
23	Persoalan Optimasi Faktor Keamanan Minimum Dalam Analisis Kestabilan Lereng Dan Penyelesaiannya Menggunakan Matlab, <b>Anoko Kusuma Ari dan Irwandy Arif*)</b> , *) <i>Program Studi Teknik Pertambangan – ITB</i> .	230
24	Kontribusi Pemasangan <i>Cable Bolt</i> Dalam Menahan Perpindahan Massa Batuan Pada Tambang Bawah Tanah; <b>Barlian Dwinagara<sup>1</sup>, Ridho K. Wattimena<sup>2</sup>, Irwandy Arif<sup>2</sup></b> ; <sup>1</sup> Jurusan Teknik Pertambangan – UPN “Veteran” Yogyakarta, <sup>2</sup> Program Studi Teknik Pertambangan – Institut Teknologi Bandung.	247
25	Sistem Penimbunan Batubara Pada <i>Stockpile</i> Pelabuhan Di Tambang Terbuka Pt. Arutmin Indonesia Asam-Asam Kalimantan Selatan, <b>Edy Nursanto, Reza Supianto</b> , Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.	256

**PROSIDING TPT XVII PERHAPI 2008**

26	Aplikasi <i>Slope Stability Radar (SSR)</i> Untuk Prediksi Batas Kritis (“Threshold”) Pergerakan Lereng Di Tambang Terbuka Batuhijau – Studi Kasus, <b>Fransiscus Cahya Kusnantaka, Charly Indrajaya</b> , PT Newmont Nusa Tenggara, Indonesia.	262
27	Peledakan Tambang Terbuka Dekat Pipa Transmisi, <b>Ganda M. Simangunsong<sup>1</sup>, Dwihandoyo Marmer<sup>2</sup>, Ausir Nasrudin<sup>3</sup></b> , <sup>1</sup> Program Studi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Bandung <sup>2</sup> Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara <sup>3</sup> PT Adaro Indonesia	278
28	Penerapan Teori Blok Untuk Analisis Kestabilan Cerun Batuan Bukit Fraser Di Pahang Malaysia, <b>Haswanto<sup>1)</sup>, and Abd. Ghani Md. Rafek<sup>2)</sup></b> , <sup>1)</sup> Jurusan pertambangan , FTM, Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia. <sup>2)</sup> Departmen Geology, UKM, Bangi, Malaysia.	285
29	Aplikasi Ventsim Untuk Evaluasi Ventilasi Di Ciurug UBPE Pongkor, PT Antam Tbk., Indonesia, <b>Risono*<sup>1)</sup>, Achmad Ardianto<sup>1)</sup>, Djoko Widajatno<sup>2)</sup>, Nuhindro Priagung Widodo<sup>2)</sup></b> , <sup>1)</sup> UBPE Pongkor, PT Antam Tbk, Indonesia, <sup>2)</sup> Program Studi Teknik Pertambangan, FIKTM, ITB, Bandung, Indonesia.	296
30	Aplikasi Backfill Pada Tambang Mekanis Cut And Fill Di Ciurug UBPE Pongkor, PT Antam Tbk., Indonesia; <b>Setyawan Suseno</b> ; UBPE Pongkor PT Antam Tbk., Indonesia.	305
31	Peranan Klasifikasi Massa Batuan Pada Perancangan Lereng Tambang Terbuka Penambangan Batubara, PT. Adaro Indonesia; <b>Singgih Saptono, Suseno Kramadibrata, Ridho K. Wattimena, &amp; Budi Sulistianto</b> ; Program Studi Rekayasa Pertambangan – FTTM, ITB.	315
32	Rancangan Multi Pit Penambangan Batubara; <b>Waterman Sulistyana B., Hasywir Thaib Siri, Dewa Widyanto</b> , Jurusan Teknik Pertambangan UPN “Veteran” Yogyakarta.	323
33	Mengoptimalkan Kinerja Dan Menyejahterakan Karyawan Maintenance Alat Berat Tambang Dengan Memperpanjang Jam Kerja, <b>Wiwin Sujati</b> , Superintendent Mechanical Truck, PT. Kaltim Prima Coal.	331
<b>KELOMPOK IV: PENGOLAHAN/METALURGI</b>		
34	Uji Kualitas Pembakaran Biobriket Batubara Sebagai Bahan Bakar Alternatif, <b>Abuamat HAK<sup>1)</sup> dan Restu Juniah<sup>2*)</sup></b> , <sup>1,2)</sup> Jurusan Pertambangan Fakultas Teknik Unsri.	337
35	Peningkatan Kapasitas Produksi Pabrik Feni 2 Dengan Recycle Slag De-Sulfurisasi, <b>Anas Safriatna</b> , Refinery & Casting Manager, PT Antam Tbk UBP Nikel.	345

**PROSIDING TPT XVII PERHAPI 2008**

36	Studi Pengambilan Karbon Aktif Dari Tailing Dengan Metode Froth Flotation Di PT Aneka Tambang Tbk. UBPE Pongkor, <b>Arif Tirto Aji, dan Andik Yudianto, ST</b> ; PT. Aneka Tambang, Tbk.	352
37	The Way KPC Manages Coal Dusts To Maintain Sustainable Coal Processing Plant Operations, <b>Asmit Abdullah ST</b> , Manager Coal Processing Plant, PT Kaltim Prima Coal-Sengata Kutai Timur.	366
38	Feasibility Study Refractory Castable Sebagai Pengganti Cooling Water Pada Raw Gas Stack Electric Smelting Furnace No.2, <b>Hendra Wijayanto ST</b> , Processing And Engineering Department Nickel Mining Business Unit, PT ANTAM Tbk, Indonesia.	376
39	Oksidasi Awal Dengan Hidrogen Peroksida Pada Proses Pelindian Emas Di PT. Indo Muro Kencana, <b>Ir. Imam Subagyo</b> , PT. Indo Muro Kencana.	388
40	Study Ketercucian Batubara Sebagai Dasar Rancangan Pabrik Pencucian Batubara, <b>Indah Setyowati</b> , Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.	398
41	Proses Pemanggangan-Reduksi Dalam Pemanfaatan Pasir Besi Sebagai Bahan Baku Industri Besi Baja, <b>Pramusanto dan Nuryadi Saleh</b> , puslitbang tekMIRA.	408
42	Pencucian Bijih Timah Dengan Meja Goyang Di Tin Shed, PT Koba Tin, <b>Pramusanto<sup>1,2)</sup>, Sriyanti<sup>2)</sup>, dan Sapta N.F. Syaputra<sup>2)</sup></b> , <sup>1)</sup> Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara, <sup>2)</sup> Jurusan Teknik Pertambangan, UNISBA.	416
43	Penentuan Karakteristik Bijih Nikel Untuk Umpan Pabrik Feni-3 Berdasarkan Parameter Operasi Electric Smelting Furnace – 3, <b>Rio Dharma Putra, S.T., dan Riko, S.T.</b> , PT. Antam, UBP Nikel Pomalaa.	431
44	Korelasi <i>Nickel Crude High Grade</i> Terhadap Pola Operasi Tanur Listrik Feni 3, <b>Yogi Suprayogi</b> , PT. Antam, UBP Nikel Pomalaa	443
<b>KELOMPOK V : LINGKUNGAN TAMBANG</b>		
45	Prakiraan Dampak Lingkungan Penambangan Pasir Besi Di Selatan Pulau Jawa, <b>Chusharini Chamid<sup>(1)</sup>, Yuliadi<sup>(1)</sup> dan B. Sulistijo<sup>(2)</sup></b> , <sup>(1)</sup> Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung <sup>(2)</sup> Institut Teknologi Bandung.	456

**PROSIDING TPT XVII PERHAPI 2008**

36	Studi Pengambilan Karbon Aktif Dari Tailing Dengan Metode Froth Flotation Di PT Aneka Tambang Tbk. UBPE Pongkor, <b>Arif Tirto Aji, dan Andik Yudianto, ST</b> ; PT. Aneka Tambang, Tbk.	352
37	The Way KPC Manages Coal Dusts To Maintain Sustainable Coal Processing Plant Operations, <b>Asmit Abdullah ST</b> , Manager Coal Processing Plant, PT Kaltim Prima Coal-Sengata Kutai Timur.	366
38	Feasibility Study Refractory Castable Sebagai Pengganti Cooling Water Pada Raw Gas Stack Electric Smelting Furnace No.2, <b>Hendra Wijayanto ST</b> , Processing And Engineering Department Nickel Mining Business Unit, PT ANTAM Tbk, Indonesia.	376
39	Oksidasi Awal Dengan Hidrogen Peroksida Pada Proses Pelindian Emas Di PT. Indo Muro Kencana, <b>Ir. Imam Subagyo</b> , PT. Indo Muro Kencana.	388
40	Study Ketercucian Batubara Sebagai Dasar Rancangan Pabrik Pencucian Batubara, <b>Indah Setyowati</b> , Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.	398
41	Proses Pemanggangan-Reduksi Dalam Pemanfaatan Pasir Besi Sebagai Bahan Baku Industri Besi Baja, <b>Pramusanto dan Nuryadi Saleh</b> , puslitbang tekMIRA.	408
42	Pencucian Biji Timah Dengan Meja Goyang Di Tin Shed, PT Koba Tin, <b>Pramusanto<sup>1,2)</sup>, Sriyanti<sup>2)</sup>, dan Sapta N.F. Syaputra<sup>2)</sup></b> , <sup>1)</sup> Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara, <sup>2)</sup> Jurusan Teknik Pertambangan, UNISBA.	416
43	Penentuan Karakteristik Biji Nikel Untuk Umpan Pabrik Feni-3 Berdasarkan Parameter Operasi Electric Smelting Furnace – 3, <b>Rio Dharma Putra, S.T., dan Riko, S.T.</b> , PT. Antam, UBP Nikel Pomalaa.	431
44	Korelasi <i>Nickel Crude High Grade</i> Terhadap Pola Operasi Tanur Listrik Feni 3, <b>Yogi Suprayogi</b> , PT. Antam, UBP Nikel Pomalaa	443
	<b>KELOMPOK V : LINGKUNGAN TAMBANG</b>	
45	Prakiraan Dampak Lingkungan Penambangan Pasir Besi Di Selatan Pulau Jawa, <b>Chusharini Chamid<sup>(1)</sup>, Yuliadi<sup>(1)</sup> dan B. Sulistijo<sup>(2)</sup></b> , <sup>(1)</sup> Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung <sup>(2)</sup> Institut Teknologi Bandung.	456

**PERANAN KLASIFIKASI MASSA BATUAN PADA PERANCANGAN  
LERENG TAMBANG TERBUKA PENAMBANGAN BATUBARA,  
PT. ADARO INDONESIA**

Oleh:

**Singgih Saptono, Suseno Kramadibrata, Ridho K. Wattimena, & Budi Sulistianto**

Program Studi Rekayasa Pertambangan – FTTM, ITB

Ringkasan

PT. Adaro Indonesia adalah salah satu tambang batubara di Indonesia dengan produksi batubara mencapai 36 juta ton (2007). Saat ini tinggi lereng keseluruhan di Lowwall telah mencapai 150 m. Secara umum massa batuan di Lowwall tersusun oleh massa batuan lunak. Massa batuan memiliki sifat heterogen, diskontinu, dan anisotropik. Sifat tersebut akan mempengaruhi kondisi stabilitas saat massa batuan tersebut ditinggalkan untuk jangka waktu yang lama. Sejumlah ahli telah berusaha membuat klasifikasi massa batuan untuk penggalian bawah tanah dan lereng. Metode klasifikasi massa batuan secara menerus telah dimodifikasi oleh ahli lainnya dengan harapan dapat digunakan dengan mudah, tepat dan sesuai tujuan, seperti untuk kemandapan lereng

Tulisan ini hasil penelitian karakterisasi massa batuan yang dilakukan di tambang batubara PT. Adaro Indonesia dan merupakan bagian dari rencana penelitian jangka panjang di beberapa tambang batubara di Indonesia. Tujuannya adalah untuk membuat suatu hubungan antara beberapa klasifikasi massa batuan (RMR, RMS dan MRMR) dengan GSI pada batupasir dan batu lempung. Diharapkan dengan adanya hubungan antara klasifikasi massa batuan ini dapat membantu dan mempercepat menentukan parameter kekuatan geser, yaitu kohesi dan sudut geser dalam batuan, dan memberikan rekomendasi tindakan yang harus dilakukan untuk mempertahankan lereng tetap stabil.

Kata kunci: massa batuan, parameter, dan stabilitas lereng.

## **1. Pendahuluan**

Penentuan stabilitas lereng pada umumnya didasarkan semata-mata pada besarnya faktor keamanan (FK) yang didefinisikan sebagai perbandingan antara momen penahan terhadap momen penggerak. Secara umum pendekatan ini masih berdasarkan kekuatan batuan utuh dari hasil pengujian laboratorium. Hasil perhitungan kondisi stabilitas lereng tersebut belum mempertimbangkan parameter bidang diskontinu di massa batuan, seperti orientasi diskontinu, jarak antar diskontinu, kondisi bidang diskontinu, kondisi air tanah, dan kondisi pelapukan.

Pada kenyataannya bahwa beberapa kasus longsornya lereng sangat erat berhubungan dengan keberadaan bidang diskontinu dan kondisi air tanah. Untuk itu perlu perhitungan yang dapat mengkuantifikasikan parameter diskontinu dengan cara memberikan pembobotan pada parameter diskontinu. Besarnya jumlah pembobotan menentukan klas massa batuan dari sangat baik hingga sangat buruk. Selain klas massa batuan, di beberapa metode klasifikasi massa batuan dapat diperoleh juga besarnya kohesi dan sudut geser dalam massa batuan, yang mana parameter ini merupakan parameter penting untuk menentukan kondisi stabilitas lereng.

## 2. Metode klasifikasi massa batuan untuk menilai lereng

Metode klasifikasi massa batuan pada awalnya digunakan untuk mengevaluasi keperluan sistem penyangga di penggalian bawah tanah. Diawali oleh Terzaghi (1946) yaitu klasifikasi *Rock Load*, dan selanjutnya secara berturut diikuti sistem klasifikasi seperti Lauffer (1958), Pacher et al (1964), Deere et al (1967), dan Wickham et al (1972). Dimulai dari klasifikasi Bieniawski (1973) dikenal dengan nama *Rock Mass Rating* (RMR) menggunakan beberapa parameter massa batuan dan kekuatan batuan utuh yang diwakili oleh kuat tekan uniaksial. Klasifikasi massa batuan RMR selanjutnya digunakan sebagai rujukan untuk merancang terowongan dan lereng. Klasifikasi massa batuan untuk menilai lereng dan pondasi diperkenalkan oleh Bieniawski & Orr (1976) dan berikutnya oleh Romana (1985) sedangkan klasifikasi massa batuan untuk menilai stabilitas lereng saja diperkenalkan oleh Laubscher (1976); Hall (1985); Romana (1985); dan Orr (1992). Robertson pada 1988 melakukan penelitian mengenai hubungan antara stabilitas lereng dan klasifikasi RMR.

Penentuan klas massa batuan dilakukan dengan cara menjumlahkan bobot parameter massa batuan yang besarnya seperti pada Tabel 1. Parameter yang sangat berpengaruh dalam menentukan klas massa batuan adalah orientasi diskontinu dengan nilai bobot yang paling rendah sebesar -60. Adapun nilai bobot yang paling tinggi pada jarak antar diskontinu dan RQD dengan nilai bobot sebesar 50.

Robertson (1988) merekomendasikan bahwa apabila massa batuan mempunyai nilai  $RMR > 40$ , kondisi lereng stabil, sedangkan untuk nilai  $RMR < 30$ , akan terjadi kelongsoran lereng massa batuan. Perubahan baru terhadap konsep RMR khususnya untuk lereng dilakukan oleh Romana (1985) dan dilengkapi pula oleh hasil penelitian Swindells (1985).

Swindells (1985) melakukan penelitian mengenai pengaruh peledakan pada stabilitas 16 lereng di Scotlandia yang dikaitkan dengan nilai SMR dari Romana (1985). Hasil penyelidikan menunjukkan bahwa metoda penggalian yang diterapkan mempengaruhi kedalaman kerusakan lereng (lihat Tabel 2). Dari hasil kerusakan massa batuan, Romana (1985) membuat klasifikasi massa batuan lereng (SMR) dengan menambahkan satu faktor penyesuaian, F4 sehingga faktor penyesuaian keseluruhan menjadi empat (F1, F2, F3, dan F4).

Seperti halnya pada RMR parameter penentu dalam SMR adalah bidang diskontinu. Namun demikian, agak berbeda dengan RMR, jika material berupa tanah dan batuan lunak yang sulit diidentifikasi adanya bidang diskontinu, maka SMR tidak dapat dipakai untuk menilai kondisi stabilitas.

Selby (1980) melakukan penelitian di Antartika dan Selandia Baru untuk mendapatkan hubungan antara kekuatan singkapan batuan akibat tingkat pelapukan dan orientasi bidang diskontinu dan kemiringan lereng. Penelitian ini bertujuan untuk memperkirakan tingkat stabilitas lereng melalui sistem klasifikasi *Rock Mass Strength* (RMS).

Hoek dan Brown (1980) mengembangkan metode untuk memperkirakan kekuatan massa batuan, yang didasarkan pada kriteria alahan Hoek – Brown (1980), akan tetapi kriteria ini cocok untuk diterapkan pada massa batuan keras (hard rock mass). *Geological Strength Index* (GSI, Hoek & Brown, 1988) yang merupakan representasi kuantatif kekuatan massa batuan selanjutnya disempurnakan oleh Hoek (1994) dan Hoek, Kaiser & Bawden (1995) menjadi suatu klasifikasi massa batuan.

Sampai saat ini penentuan kohesi (C) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) massa batuan untuk menghitung FK di tambang PT. Adaro Indonesia menggunakan metode GSI.

Tabel 1 Perbedaan parameter dan pembobotan pada klasifikasi massa batuan untuk lereng

Parameter	RMR76	RMR89	MRMR	RMS	SMR	CSMR	MRMR	SRMR	GSI
kuat tekan	0 - 15	0 - 15	0 - 20	5 - 20	0 - 15	0 - 15	0 - 15	0 - 30	0 - 15
Ukuran blok	8 - 50	8 - 40	0 - 40	8 - 40	8 - 40	8 - 40	0 - 40	8 - 40	8 - 50
- spacing	*	*	*	*	*	*	*	*	*
- RQD	*	*	*		*	*	*	*	*
Kondisi diskontinu	0 - 25	0 - 30	0 - 40	3 - 14	0 - 30	0 - 30	0 - 30	0 - 30	0 - 25
- Persistence	*	*	*	*	*	*	*	*	*
- Aperture	*	*	*	*	*	*	*	*	*
- Roughness	*	*	*		*	*	*	*	*
- Infilling	*	*	*		*	*	*	*	*
- Weathering	*	*			*	*	*	*	*
Air tanah	0 - 10	0 - 15	*	1 - 6	0 - 15	0 - 15	0 - 15		10
Pengaruh diskontinu	(60) - 0	(60) - 0	63 - 100%	5 - 20	(60) - 0	(60) - 0	(12) - (5)		
- Strike	*	*	*		*	*			
- Dip	*	*	*	*	*	*			
- Slope Dip					*	*			
Metode penggalan			80 - 100%		(8) - 15	(8) - 15	80 - 100%		
Pelapukan			30 - 100%	3 - 10			60 - 115%		
Kedaaan tegangan			60 - 120%						
Bidang lemah utama							70 - 100%		
Jumlah kisaran	(52) - 100	(52) - 100	0 - 120	25 - 110	(60) - 115	(60) - 115	(12) - 115	8 - 100	8 - 100

Catatan didalam kurung adalah angka negatif

Tabel 2 Bobot untuk kegiatan penggalan (Swindells, 1985)

Metoda penggalan	No	Tebal/kedalaman kerusakan		SMR F4
		Selang (m)	Rata (m)	
Lereng alamiah	4	0	0	15
Peledakan presplitting	3	0 - 0.6	0.5	10
Peledakan smooth	2	2 - 4	3	8
Peledakan masal	3	3 - 6	4	0

### 1. Peranan metode klasifikasi massa batuan pada perancangan lereng

Tulisan ini mencoba menghitung hubungan klasifikasi massa batuan antara GSI dan RMR, SMR, RMS, dari lapisan batuan pembawa batuan (batupasir dan batulempung). Hal ini dimaksudkan untuk membantu mengetahui nilai kohesi dan sudut geser dalam massa batuan yang mudah dan cepat. Kondisi lereng di tambang PT. Adaro Indonesia, pada umumnya tersusun oleh batulempung dan batupasir. Tinggi lereng tunggal adalah 12 - 24 m, dengan sudut 25 - 50°, dan tinggi lereng keseluruhan antara 90 - 140 m dengan sudut lereng 18 - 20°.

### 3.1. Longsor Lowwall di Pit Buma

Pada umumnya kejadian longsor dipicu oleh keberadaan bidang diskontinu dan karakteristik material, khususnya untuk batupasir yang terisi oleh air akan menjadi masalah dan selain itu bidang diskontinu yang terisi air juga akan memberikan efek *uplift pressure*. Kondisi tersebut akan mengubah material keras menjadi *soft mudstone* (Kramadibrata dkk, 2001). Contoh, kelongsoran di Pit Buma disebabkan adanya bidang diskontinu dan air di sepanjang bidang diskontinu di *toe ramp* elevasi 87 mRL (lihat Gambar 1). Air masuk melalui bidang diskontinu dan terperangkap pada lapisan batu lempung sehingga menjadikan perubahan dari material keras menjadi lunak. Keadaan ini terbukti bahwa hasil analisa balik menunjukkan penurunan kekuatan geser bahwa pada saat longsor mempunyai nilai kohesi 18 kPa dan sudut geser dalam  $19^\circ$  dari nilai kohesi perancangan sebesar 61 kPa dan sudut geser dalam  $42^\circ$  hasil perhitungan dari GSI.

Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa kekuatan material pembentuk lereng tersebut menurun dalam fungsi waktu yang penyebab utamanya adalah bidang diskontinu dan air.



Gambar 1 Longsor pada lereng Lowwall Pit Buma

### 3.2. Pemerian kualitas massa batuan berdasarkan klasifikasi massa batuan

Pada umumnya massa batuan dalam waktu tertentu mampu untuk mempertahankan dirinya dari gangguan internal, seperti komposisi mineral dan sifat fisik, geoteknik dan pengaruh air tanah, serta gangguan eksternal, seperti iklim, hidrologi, morfologi, beban dinamik (gempa dan getaran peledakan dan berat peralatan). Semuanya itu secara berangsur dapat mempengaruhi kondisi stabilitas lereng.

Pada penelitian ini dalam mendeskripsikan parameter massa batuan mengikuti standard dari ISRM (1978), salah satu alat untuk menentukan kuat tekan batuan di lapangan menggunakan Schmidt Hammer. Hasil pengukuran pada batupasir menghasilkan kuat tekan uniaxial 14 – 46 MPa dan pada batu lempung besarnya antara 20 – 28 MPa. Di beberapa lokasi terdapat batupasir yang sangat lunak dan mudah diberaikan dengan tangan. Dalam menentukan klas massa batuan lereng menggunakan metode *Rock Mass Rating (RMR)*, *GSI (Geological Strength Index)*, *RMS (Rock Mass Strength)*, dan *MRMR (Modified Rock Mass Rating)*. Hasil penentuan klas massa batuan untuk batupasir di Pit Pama menunjukkan bahwa sebagian besar termasuk klas batuan lunak (Kramadibrata dkk, 2001) dan menurut RMR termasuk klas IV, tetapi ada juga yang masuk klas II dengan bobot

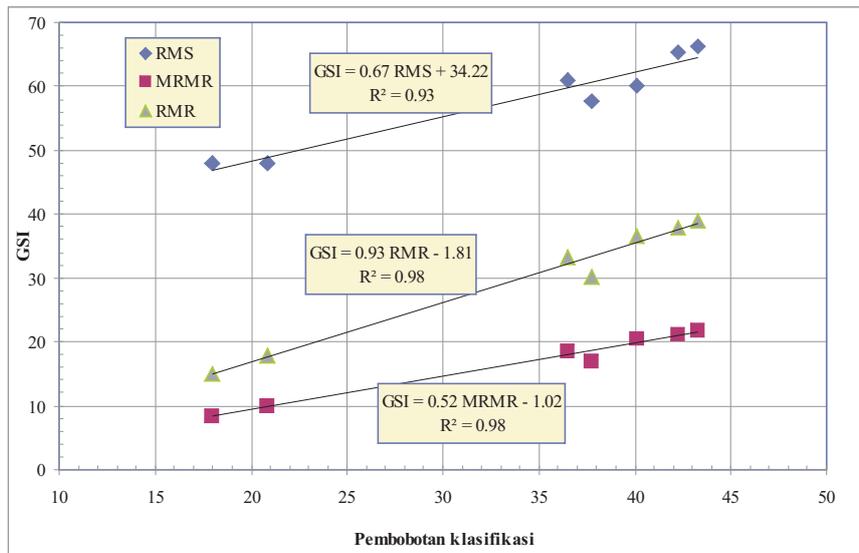
berkisar 22 – 64. Sedangkan massa batuan di Pit Sis dan Buma pada umumnya batu lempung dengan bobot berkisar antara 15 – 38 dengan kelas massa batuan dari sangat buruk hingga buruk atau klas V – IV. Sedangkan hasil penentuan menurut GSI berkisar antara 36 – 45 pada lokasi Pit Pama, dan nilai GSI untuk Pit Sis dan Buma antara 18 – 41, hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil pemerian massa batuan di Tambang Tutupan, PT. Adaro Indonesia

PIT PAMA						PIT SIS dan PIT BUMA					
Mine Case	Rock Unit	GSI	RMS	MRMR	RMR	Mine Case	Rock Unit	GSI	RMS	MRMR	RMR
1	Batupasir 1 SCT8 Low1	44	71	36	64	1	Batupasir 1 SCT16 Low1	41	57	21	37
2	Batupasir 2 SCT8 Low1	45	71	35	62	2	Batupasir 2 SCT16 Low1	32	54	16	28
3	Batupasir 3 SCT11 Low	37	60	16	29	3	Sandy batulempung 1 SCT16 Low	40	60	21	37
4	Batulempung 1 SCT11 Low	43	66	22	39	4	Batulempung 1 SCT16 Low	18	48	8	15
5	Batulempung 2 SCT11 Low	42	65	21	38	5	Batulempung 2 SCT16 Low	21	48	10	16
6	Batulempung 3 SCT11 Low	36	61	19	33	6	Batupasir 3 SCT16 Low	45	66	22	38
7	Batupasir 4 SCT11 Low	39	62	15	28	7	Batulempung 3 SCT16 Low	38	58	17	30
8	Batupasir 5 SCT11 High	40	57	13	24						
9	Batupasir 6 SCT11 High	36	57	12	22						

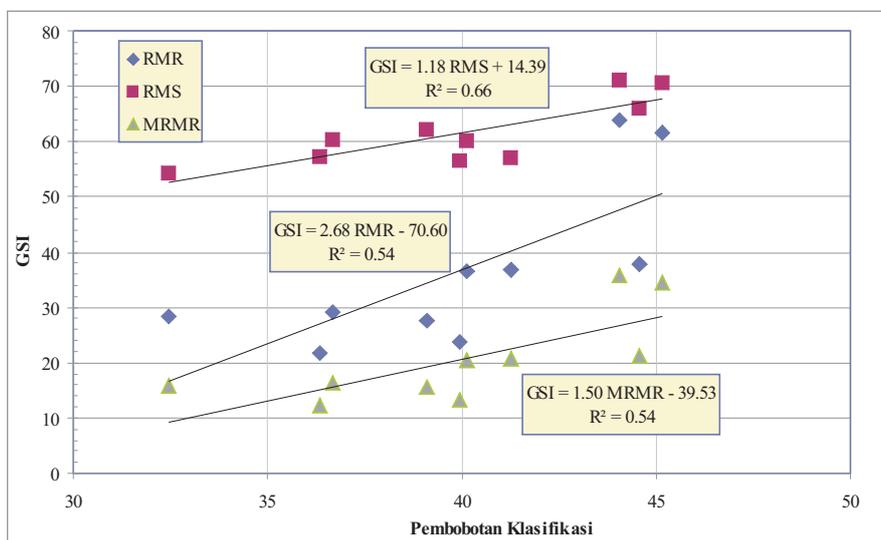
Dari hasil 16 pengukuran karakterisasi massa batuan tersebut selanjutnya dilakukan proses pencarian hubungan antara GSI dan tiga klasifikasi RMR, MRMR dan RMS. Pada Gambar 2 dan 3 ditunjukkan hubungan antara pembobotan dengan GSI untuk berbagai nilai RMR, MRMR dan RMS. GSI dipilih karena sebagai patokan untuk memperoleh nilai kohesi dan sudut geser dalam massa batuan, yang selanjutnya parameter ini dapat digunakan untuk menghitung faktor keamanan (FK) lereng.

Korelasi antara GSI dan klasifikasi massa batuan di batulempung menunjukkan angka korelasi  $R^2$  diatas 0,9 sekalipun ada keterbatasan data (lihat Gambar 2). Hal ini mengindikasikan korelasi yang cukup baik antara klasifikasi RMS, RMR, dan MRMR dengan GSI untuk batulempung. Salah satu parameter klasifikasi massa batuan adalah kuat tekan uniaksial, yang dalam penelitian ini diperkirakan melalui penekanan pada satu titik dengan Schmidt Hammer. Pada batulempung terlihat bahwa kuat tekan uniaksial cukup seragam 20 – 29 MPa, yang mengindikasikan keseragaman ukuran butir batulempung. Rentang kuat tekan uniaksial yang cukup seragam ini menghasilkan bobot klasifikasi yang cukup seragam juga untuk GSI tertentu.



Gambar 2 Hubungan antara GSI dengan RMS, RMR dan MRMR untuk Batulempung

Pada batupasir, korelasi antara GSI dan klasifikasi massa batuan (lihat Gambar 3) kurang baik, dengan  $R^2$  antara 0,5 – 0,6. Hal ini disebabkan adanya rentang yang cukup besar (14 – 46 MPa) pada kuat tekan batupasir. Hal ini disebabkan adanya perbedaan ukuran butir yang cukup bervariasi dalam batupasir sehingga titik yang ditekan oleh Schmidt Hammer kemungkinan besar mempunyai kekuatan yang bervariasi. Hal ini menghasilkan bobot klasifikasi yang cukup berbeda untuk GSI tertentu.

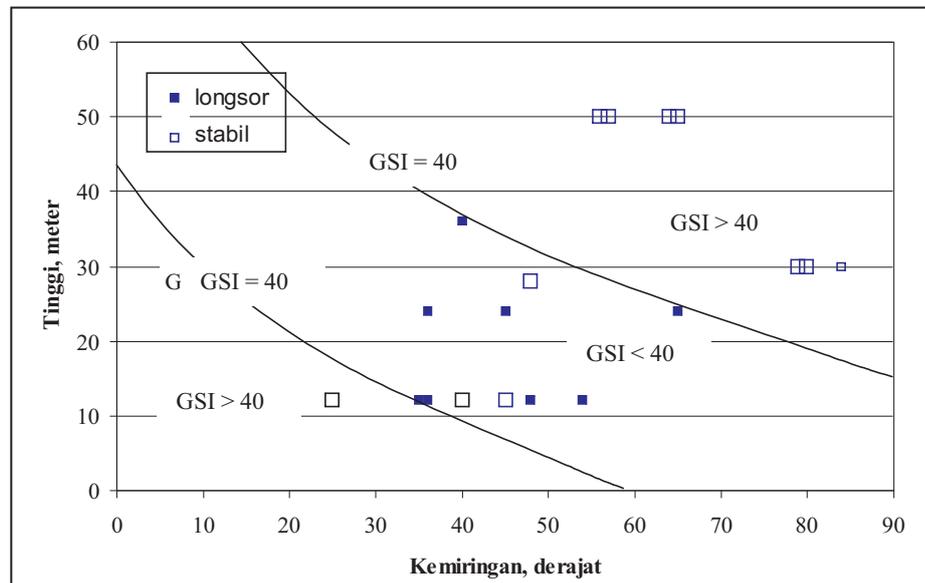


Gambar 3 Hubungan antara GSI dengan RMS, RMR dan MRMR untuk Batupasir

### 3.3. Perkiraan tingkat stabilitas lereng

Dari beberapa data yang dikumpulkan dari lapangan menunjukkan bahwa kondisi massa batuan secara umum dapat berpengaruh pada kondisi stabilitas lereng, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

Dari 20 kasus yang diamati terlihat bahwa pada massa batuan dengan  $GSI > 40$  lereng stabil dengan ketinggian sampai 50 m dan kemiringan sampai  $65^\circ$ . Untuk massa batuan dengan  $GSI < 40$  lereng dengan ketinggian 12 m dan kemiringan  $35^\circ$  tidak stabil.



Gambar 4 Kondisi stabilitas lereng antara kemiringan dan tinggi lereng

Hasil tersebut menunjukkan bahwa kondisi lapisan massa batuan pembawa batubara di tambang PT. Adaro Indonesia cukup rentan terhadap air baik di batulempung maupun di batupasir. Kondisi rentan ini terbukti apabila terjadi hujan dan penirisan pada lereng buruk GSI massa batuan menurun. Hal ini mengakibatkan berkurangnya kekuatan geser massa batuan sehingga menyebabkan terjadi longsoran lokal. Apabila kondisi air tanah dan air permukaan ini tidak ditangani dengan baik pada jangka waktu tertentu kemungkinan terjadinya longsoran dapat lebih besar lagi.

Dari hal tersebut diatas disarankan untuk memasang peralatan pemantauan pergerakan lereng, baik pergerakan muka lereng maupun di dalam lereng di Pit Buma, dengan tujuan untuk mengetahui perilaku massa batuan. Selain itu perlu dilakukan pengujian perilaku batuan di laboratorium untuk mengetahui perilaku kekuatan batuan bergantung waktu yang dihubungkan dengan pelapukan batuan. Sehingga dengan mengkaitkan hasil pemantauan lereng dan pengujian kekuatan batuan jangka panjang bergantung waktu di laboratorium hasilnya dapat memprediksi kondisi stabilitas lereng tambang.

#### 4. Kesimpulan

1. Metode klasifikasi massa batuan dapat memberikan suatu dasar penentuan kualitas kekuatan massa batuan dengan selalu memperhatikan kondisi bidang diskontinu, dan kondisi air tanah. Kekuatan material pembentuk pada lereng dapat menurun dalam fungsi waktu dimana salah satu penyebabnya adalah faktor air.
2. Pendekatan hubungan antara klasifikasi untuk menentukan nilai GSI pada batupasir akan memberikan hasil yang kurang tepat, karena angka korelasi ( $R^2$ ) yang relatif rendah (0,5 – 0,6).
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai perilaku massa batuan pembawa batubara bergantung waktu, dan membuat suatu klasifikasi khusus untuk mendapatkan hasil yang lebih tepat.

### Ucapan terimakasih

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak manajemen PT. Adaro Indonesia yang telah memberikan fasilitas penelitian ini. Analisis dan rekomendasi pada tulisan/makalah ini semata-mata mencerminkan buah pemikiran para penulis.

### Daftar Pustaka

1. Bieniawski, Z.T. (1989), *Engineering Rock Mass Classifications*, John-Wiley, New York.
2. Douglas, K.J. (2002), *The Shear Strength of Rock Masses*, A Thesis Doctor of Philosophy, School of Civil and Environmental Engineering, UNSW, Sydney, Australia.
3. Hoek, E. and Brown, E.T., (1997), *Practical Estimates of Rock Mass Strength*, Int. J. Rock Mech. & Mining Sci. & Geomech. Abstct. 34(8) p. 1165 – 1187.
4. Hudson, J.A. and Harrison, J.P., (1997), *Engineering Rock Mechanics, An Introduction to the Principles*, Pergamon.
5. ISRM Suggested Methods (1976), *Standarization of Laboratory and Field Test*, Int.J. Rock Mech. Sc. & Geomech. Abstrc. 15. 319 – 368.
6. Kramadibrata, S., Matsui, K., Rai, M.A., and Shimada, H. (2001), *Properties of Soft Rocks with Particular Reference to Indonesian Mining Conditions*, ISRM Symposium – 2<sup>nd</sup> Asian Rock Mechanics, Beijing.
7. Kramadibrata, S., Wattimena, R.K., Sulistianto, B., Simangunsong, G.M., Tobing A. , (2007) *Study on shear strength characteristic of coal bearing strata*, Congress International Society of Rock Mechanic. Lisbon, Portugal.
8. Nicholson, D.T. (2004), *Hazard Assessment for Progressive, weathering-related breakdown of Excavated Rockslopes*, Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology. 37. 327 – 346.