

PROSIDING
SIMPOSIUM DAN SEMINAR NASIONAL GEOMEKANIKA KE - 1
TAHUN 2012



Teknik Pertambangan - Fakultas Teknologi Mineral
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condongcatur, Yogyakarta 55283
Email. seminar_ftm@upnyk.ac.id
Website. pertambangan.upnyk.ac.id

Simposium dan Seminar Nasional Geomekanika ke-1 Tahun 2012

Menggagas Masa Depan Rekayasa batuan dan Terowongan di Indonesia

@2012

Program Studi Teknik Pertambangan
Fakultas Teknologi Mineral
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”
Yogyakarta
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condongcatur, Yogyakarta
Telp. (0274) 486701
Email : seminar_ftm@upnyk.ac.id

Sanksi Pelanggaran Pasal 72 Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta

1. Barang siapa dengan sengaja melanggar dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 Ayat (1) atau Pasal 9 Ayat (1) dan Ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 5.000.000.000,00 (lima milyar rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta atau hak terkait sebagai dimaksud pada Ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Kata Pengantar

Dalam rangka menghadapi tantangan pembangunan infrastruktur terowongan yang berkaitan dengan bidang geomekanika maka Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional “Veteran “ Yogyakarta mengadakan Simposium dan Seminar Geomekanika ke-1 dengan mengusung tema **Menggagas Masa Depan Rekayasa Batuan dan Terowongan di Indonesia** yang diselenggarakan di Hotel Sheraton Mustika Yogyakarta Resort dan Spa pada tanggal 7 Juni 2012 – 8 Juni 2012.

Pada kegiatan Simposium dan Seminar menghadirkan para pakar, peneliti, dan pemerhati di bidang Geomekanika, baik dari kalangan akademisi, profesional, institusi pemerintah, praktisi, maupun industri.

Simposium Geomekanika ini diharapkan dapat digunakan sebagai wahana menyampaikan hasil analisis dan pemikiran mengenai upaya pengelolaan geomekanika yang pada akhirnya dapat memunculkan suatu rumusan bagi arah perkembangan rekayasa batuan serta kontribusi riilnya bagi pembangunan bangsa ke depan.

Pada Seminar Geomekanika mengusung sub-tema yang diangkat sebagai materi meliputi (1) *Applied Rock Mechanics, Rock Fracture Mechanics, Rock Cuttings*, (2) *Underground Mining*, (3) *Tunnel Engineering*, (4) *Rock Slope in Mining and Civil Engineering*.

Atas kerjasama yang baik dan bantuan dari semua pihak dalam mensukseskan Simposium dan Seminar Geomekanika ke-1, panitia mengucapkan terimakasih.

Yogyakarta, 25 Juni 2012

Ketua Panitia,



Ir. Sudarsono, MT

Sambutan Ketua Pelaksana

SIMPOSIUM DAN SEMINAR NASIONAL GEOMEKANIKA KE – 1 TAHUN 2012 Yogyakarta, 7 Juni 2012

Assalamu 'alikum wr wb,

Yth. Gubernur DIY yang dalam hal ini diwakili oleh Asisten I Sekda DIY, Bpk Astungkoro

Yth. Dirjen Minerba Kementerian ESDM, yang diwakili oleh Direktur Teknik dan Lingkungan Mineral dan Batubara, Bpk Ir. Syawaluddin Lubis, MT

Yth. Rektor UPNVY, yang diwakili oleh Warek I, Ibu Prof. Dr. Ir. Sari Bahagiarti K, M.Sc

Yth. Dekan FTM-UPNVY, Dr. Ir. S.Koesnaryo, M.Sc, IPM

Yth. Para Pembicara, Pemakalah, Tamu Undangan, Peserta,
dan Para Sponsor Simposium dan Seminar Nasional Geomekanika ke-1 Tahun 2012

Perkenalkanlah kami melaporkan kegiatan Simposium dan Seminar Nasional Geomekanika ke-1 Tahun 2012 yang dilaksanakan pada tanggal 7 dan 8 Juni 2012 di Yogyakarta.

Pada tanggal 7 Juni 2012 ini, Simposium dengan menghadirkan pakar - pakar geomekanik dan teknik sipil

1. Prof. Dr. Ir. Made Astawa Rai, pakar geomekanika dari ITB.
2. Ir. D. Sinambela & Ir. Agus Sudarto, MT, dari PT. Cibaliung Sumber Daya
3. Dr. Ir. Suseno Kramadibrata, M.Sc, pakar geomekanika dari ITB
4. J. Kamarea, ST, dari PT Freeport Indonesia
5. Dr. M. Asrurifak, pakar teknik sipil dari ITB
6. Ir. Setiawan, M.Sc, dari PT. Geo ACE Bandung
7. Teuku Faisal Fathani, ST, MT, Ph.D, pakar teknik sipil dari UGM

Pada tanggal 8 Juni 2012, presentasi seminar yang akan disampaikan pembicara dari T.Pertambangan, Teknik Geologi, Teknik Perminyakan, maupun Teknik Sipil.

Simposium dan Seminar diikuti oleh para peserta dari Akademisi, Praktisi, Profesional, Industri pertambangan, dan mahasiswa

Dalam kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada para Sponsor yang telah mendukung terlaksananya Simposium dan Seminar Nasional ini:

1. Mineral & Coal Studio
2. PT. Cibaliung Sumber Daya
3. PT. Freeport Indonesia
4. PT. Bukit Asam, Tbk
5. PT. Indo Tambangraya Megah
6. PT. Bumi Resources Mineral
7. PT. Antam Tbk UBPE Pongkor
8. PT. Geo ACE
9. PT. Dian Bara Genoyang
10. PT. Nusa Halmahera Mineral
11. PT. Bayan Resources
12. PT. Singlurus Pratama
13. PT. Jembayan Muara Bara
14. PT. Antam Tbk, UBPN Maluku Utara
15. PT. Adaro Indonesia
16. Indonesian Rock Mechanics Society (IRMS)
17. PT. Rahman Abdijaya
18. PT. Macheral Energitama
19. PT. Dahana

Terima kasih juga kami sampaikan kepada teman - teman panitia dan semua pihak yang telah membantu terselenggaranya Simposium dan Seminar ini.

Kami dan seluruh panitia pelaksana mohon maaf bila ada hal - hal yang tidak berkenan dihati Bapak, Ibu dan Saudara - saudara.

Demikian sambutan kami,

Wassalamu 'alaikum wr wb.

Ketua Panitia,

Ir. Sudarsono, MT

**Sambutan
Dekan Fakultas Teknologi Mineral**

**SIMPOSIUM DAN SEMINAR NASIONAL GEOMEKANIKA
KE – 1 TAHUN 2012
Yogyakarta, 7 Juni 2012**

Assalamu'alaikum ww.

Simposium dan Seminar Geomekanika ke-1 Tahun 2012 ini dipersiapkan dan dilaksanakan dilandasi keinginan yang kuat untuk memajukan ilmu pengetahuan dan teknologi bidang geomekanika yang dipandang semakin urgen dan strategis dalam ikut menyumbangkan perannya baik dalam industri pertambangan maupun teknik sipil.

Tema yang dipilih ialah “Menggagas masa depan rekayasa batuan dan terowongan di Indonesia”, dimaksudkan untuk menonjolkan aspek rekayasa batuan (rock engineering) di permukaan (rock cutting, tambang terbuka, jembatan, jalan raya) dan terowongan (terowongan tambang, terowongan sipil).

Sebagai pemrakarsa dan penanggungjawab dari kegiatan ini, saya mengucapkan terimakasih dan penghargaan kepada panitia pelaksana Saudara Sudarsono dan kawan-kawan yang telah mempersiapkan segala sesuatunya dengan sangat baik. Selanjutnya saya mengucapkan terimakasih kepada para narasumber Prof. Made Astawa Rai (ITB), Prof. Mashyur Irsyam/Dr. Asrurifak (ITB), Dr. Suseno Kramadibrata (ITB), Dr. Teuku Fathoni (UGM), Ir. DjokoBasyuni/J Kamaera ST (PT FI), Ir. Djundjungan Sinambela MM./Ir. Agus Sudarto (PT CSD).

Tidak lupa saya mengucapkan terimakasih kepada Saudara Ir. Anton Sudyanto, MT. Kaprodi Teknik Pertambangan dan teman-teman di KBK Geomekanika – Teknik Pertambangan UPN “Veteran” Yogyakarta khususnya Dr. Barlian Dwi Nagara, Dr. Singgih Saptono, Ir. Priyo Widodo, MT, Ir. R. Hariyanto, MT, Ir. Bagus Wiyono, MT.

Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada para sponsor yang tidak dapat disebutkan satu per satu, tanpa dukungan dari sponsor kegiatan ini tidak akan dapat dilaksanakan.

Saya berharap simposium dan seminar ini dapat berlanjut.

Terimakasih.

Yogyakarta, 7 Juni 201

Dekan,

Dr. Ir. S. Koesnaryo, M.Sc., IPM.



**Rektor
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta**

**Sambutan
SIMPOSIUM DAN SEMINAR NASIONAL GEOMEKANIKA
KE – 1 TAHUN 2012
Yogyakarta, 7 Juni 2012**

Ass Wf Wb.

Yang terhormat:

Gubernur DIY (yang mewakili)

Menteri ESDM

Dekan FTM

Para narasumber dan Pembicara

Peserta simposium

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Kuasa karena pada saat ini kita diberi berkat dan rahmat sehingga dapat berhimpun di tempat ini dalam kondisi sehat.

Ketika kita hidup dan tinggal di atas bumi yang dinamik, terlebih lagi di Kepulauan Indonesia yang secara tektonik termasuk labil, maka keberadaan ahli – ahli geomekanika sangat diperlukan. Eksistensi dan kepakaran mereka antara lain dibutuhkan dalam rangka upaya meminimalisasi resiko yang terjadi pada konstruksi dan struktur bangunan baik yang berada di atas maupun di bawah permukaan, akibat dari kulit bumi yang senantiasa bergerak. Kondisi tektonik yang labil pada gilirannya akan mempengaruhi sifat mekanik kerak bumi menjadi kompleks. Hal inilah yang penting untuk disadari bersama oleh para ahli geomekanik, karena akan mampu memicu terjadinya bencana dan permasalahan geoteknik, seperti longsor lereng, runtuh terowongan, amblesan tanah, kebocoran bendungan, dan sebagainya.

Keahlian geomekanik dapat disandang oleh siapapun dengan latar belakang yang berbeda – beda, ada yang berlatar belakang geologi, pertambangan, teknik sipil, atau bidang ilmu kebumihan lainnya. Semua latar belakang itu memiliki kekurangan dan kelebihan masing – masing. Justru yang terpenting adalah bagaimana para ahli tersebut dapat berkomunikasi satu sama lain, berbagi, memiliki bahasa yang sama, dan saling melengkapi untuk bersinergi dengan baik.

Kegiatan yang dikemas dalam Simposium dan Seminar Nasional Geomekanik seperti ini merupakan salah satu wahana bagi para ahli untuk saling berkomunikasi, bertukar pendapat dan pengalaman, untuk nantinya memberikan sumbang pikiran yang bermanfaat bagi pihak – pihak yang memerlukan dan bagi ilmu pengetahuan. Oleh karena itu selaku pimpinan UPN, saya menyambut baik diselenggarakannya simposium dan Seminar Nasional Geomekanika Ke – 1 Tahun 2012, dan berharap kegiatan ini dapat dilaksanakan secara berkelanjutan pada tahun – tahun yang akan datang.

Sebelum sambutan ini diakhiri, saya ucapkan selamat bagi panitia, terim kasih kepada sponsor. Selanjutnya kepada Gubernur dimohon berkenan menyampaikan sambutannya, demikian pula kepada Ir. Sawaludin Lubis, MT dari Kementerian ESDM dimohon menyambut sekaligus membuka simposium ini. Terima kasih

Yogyakarta, 7 Juni 2012

Rektor
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

Prof.Dr.Didit Welly Udjianto, MS



**Gubernur
Daerah Istimewa Yogyakarta**

**Sambutan
SIMPOSIUM DAN SEMINAR NASIONAL GEOMEKANIKA
KE – 1 TAHUN 2012
Yogyakarta, 7 Juni 2012**

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Salam sejahtera bagi kita semua,

Yang saya hormati, Rektor UPN “Veteran” Yogyakarta

Yang saya hormati, Para Pembicara.

Peserta Simposium dan Seminar serta Hadirin sekalian yang berbahagia,

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa, karena pada hari ini kita dapat menghadiri acara Simposium dan Seminar Nasional GEOMEKANIK Ke – 1 Tahun 2012 di Yogyakarta dengan keadaan sehat wal' aflat.

Seperti kita ketahui bersama, geomekanika sebagai dasar fundamental rekayasa batuan (*rock engineering*), sejak 25 tahun terakhir telah berkembang cukup pesat di Indonesia dengan dimulainya proyek – proyek terowongan PLTA pada waktu itu. Rekayasa batuan semakin berkembang dengan dibangunnya terowongan – terowongan PLTA yang lebih besar dan penambangan bijih tembaga di Indonesia yang mulai mengarah ke tambang bawah tanah. Maka era rekayasa batuan modernpun dimulai.

Sejalan dengan kebutuhan teknik penggalian batuan di tambang yang berkapasitas besar, efektif dan efisien, sangat diperlukan sebuah rekayasa untuk kegiatan tersebut dalam rangka mempermudah pelaku melaksanakannya. Seperti dalam kegiatan eksplorasi minyak dan gas bumi misalnya, saat ini sudah mencapai kedalaman yang sangat besar, sehingga perlu pemahaman yang lebih besar dalam tantangan pengetahuan struktur bumi.

Sementara pada kegiatan tambang terbuka dan tambang bawah tanah, mekanika batuan merupakan dasar penting dalam perencanaan dan perancangan penggalian, stabilitas lereng batuan, rancangan terowongan, serta rancangan penyanggaan. Lebih – lebih dalam decade mendatang kecenderungan ekstasi mineral menuju tambang bawah tanah akan semakin nyata, demikian juga di bidang sipil, pembangunan terowongan jalan raya dan PLTA.

Untuk itu, kegiatan yang baru pertama kali diselenggarakan ini, tentunya akan bermanfaat sekali bagi para pakar dari kalangan akademisi, praktisi professional dan industry, perencana dan kontraktor terowongan. Dalam kegiatan ini mereka kan bertemu, berdiskusi berbagai ilmu dan pengalaman sejauh mana geomekanika telah berkembang dan berperan dalam rekayasa pertambangan dan sipil khususnya dan pembangunan bangsa pada umumnya. Dengan harapan diperoleh suatu rumusan tentang arah perkembangan rekayasa batuan serta kontribusi riilnya bagi pembangunan bangsa ke depan.

Selain itu juga akan dipresentasikan makalah – makalah hasil penelitian dalam bidang teknik pertambangan maupun teknik sipil. Dengan kata lain kegiatan ini bisa menjadi wadah bagi peneliti untuk menyosialisasikan hasil penelitiannya, yaitu mencangkup perkembangan dan aplikasi serta hasil penelitian.

Hadirin sekalian,

Geomekanika dalam posisinya, adalah sembagai jembatan antara geologi dengan teknik sipil dan perencanaan, serta teknik pertambangan. Sebagai jembatan, maka dalam aplikasi di lapangan komunikasi antar pakar di bidang masing – masing sangat diperlukan agar mencapai hasil yang diharapkan.

Demikian yang dapat saya sampaikan. Semoga Tuhan Yang Maha Esa berkenan melimpahkan berkah dan rahmat – Nya, sehingga symposium dan seminar dapat menghasilkan berbagai rumusan yang bermanfaat.

Sekian, terima kasih.

Wassalumu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 7 Juni 2012

**GUBERNUR
DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA**

HAMENGKUBUWONO X



Sambutan
DIREKTUR JENDERAL MINERAL DAN BATUBARA
SIMPOSIUM DAN SEMINAR NASIONAL GEOMEKANIKA
KE-1 TAHUN 2012
“MENGAGAS MASA DEPAN REKAYASA BATUAN DAN TEROWONGAN DI
INDONESIA”
YOGYAKARTA, 7 JUNI 2012

Yang saya hormati,

- Gubernur DIY
- Rektor UPN “Veteran” Yogyakarta
- Dekan Fakultas Teknologi Mineral UPN “Veteran” Yogyakarta
- Para peserta seminar dan hadirin sekalian yang saya hormati,

Assalamu’alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Selamat pagi dan salam sejahtera bagi kita semua

Pertama-tama marilah kita panjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-nya, sehingga kita semua dapat bertemu dan berkumpul bersama di tempat ini dalam keadaan sehat wal’afiat untuk mengikuti simposium dan seminar nasional geomekanika Ke-1 tahun 2012 yang diselenggarakan oleh Panitia Seminar Fakultas Teknologi Mineral bekerjasama dengan Program Studi Teknik Pertambangan Kelompok Bidang Keahlian Geomekanika UPN “Veteran” Yogyakarta.

Pada kesempatan ini saya menyampaikan penghargaan dan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada panitia atas prakarsa dan segala kerja kerasnya sehingga penyelenggaraan symposium dan seminar ini dapat terlaksana dengan baik. Saya menilai penyelenggaraan acara ini tepat waktu dan bernilai strategis dalam rangka pengelolaan sumber daya mineral dan batubara dengan teknologi rekayasa batuan dan terowongan di Indonesia serta untuk membangun harmonisasi di antara para pemangku kepentingan di bidang mineral dan batubara.

Hadirin yang saya hormati,

Kontribusi sub sektor mineral dan batubara secara makro cukup besar terhadap pembangunan perekonomian nasional, sebagai gambaran pada tahun 2011:

- Penerimaan Negara Bukan Pajak (PNBP) subsektor Pertambangan Umum sebesar Rp 24 triliun atau naik sebesar 30% bila dibandingkan dengan tahun 2010.

- Investasi subsektor Pertambangan Umum sebesar US\$ 3,4 miliar, atau sekitar 13% dari investasi sektor ESDM sebesar US\$ 27 miliar.
- Dalam pengembangan masyarakat, perusahaan KK, PKP2B dan BUMN memberikan kontribusi sebesar sekitar Rp 1,7 triliun.

Sub sektor ini terbukti memiliki kinerja yang baik meskipun terjadi krisis ekonomi global, tekanan pada masalah lingkungan dan harga komoditas yang selalu berfluktuasi. Sub sektor mineral dan batubara, khususnya batubara selain sebagai sumber penerimaan negara, juga sebagai salah satu sumber energi primer alternatif yang penting dan lebih ekonomis untuk memenuhi kebutuhan domestik.

Saudara sekalian yang saya hormati,

Filosofi dari pengelolaan kegiatan pertambangan tidak terlepas dari pasal 33 ayat 3 dan ayat 4 UUD 1945:

- Ayat 3: **Bumi, air dan kekayaan alam yang terkandung di dalamnya dikuasai oleh Negara dan dipergunakan untuk sebesar-besarnya kemakmuran rakyat;**
- Ayat 4: Perekonomian nasional diselenggarakan berdasarkan atas demokrasi ekonomi dengan prinsip kebersamaan, efisiensi, berkeadilan, berkelanjutan, berwawasan lingkungan, kemandirian, serta dengan menjaga keseimbangan kemajuan dan kesatuan ekonomi nasional.

UU No.4/2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara (UU Minerba) menjelaskan bahwa **mineral dan batubara yang terkandung dalam wilayah hukum pertambangan Indonesia merupakan kekayaan alam tak terbarukan** sebagai karunia Tuhan Yang Maha Esa yang **mempunyai peranan penting dalam memenuhi hajat hidup orang banyak**, karena itu **pengelolaannya harus dikuasai oleh Negara** untuk memberi nilai tambah secara nyata bagi perekonomian nasional dalam usaha mencapai kemakmuran dan kesejahteraan rakyat secara berkeadilan, yaitu dengan berasaskan:

- Manfaat, keadilan dan keseimbangan;
- Keberpihakan kepada kepentingan bangsa;
- Partisipatif, transparansi, dan akuntabilitas; dan
- Berkelanjutan dan berwawasan lingkungan.

Hadirin yang saya hormati,

Indonesia memiliki sumber daya mineral dan batubara yang cukup prospek, sebagai contoh sumber daya batubara sebesar 120 miliar ton dan cadangan batubara 28 miliar ton. Selain itu juga, potensi mineral seperti emas, perak dan tembaga dapat berkembang lagi. Namun, permasalahan utama adalah bagaimana potensi mineral dan batubara tersebut dapat dimanfaatkan lebih baik lagi, efektif dan efisien. Ini merupakan tantangan besar bagi industri pertambangan khususnya untuk pemerintah dalam rangka bagaimana menciptakan dan

meningkatkan industri pertambangan menjadi industri yang memberikan manfaat yang optimal bagi kesejahteraan masyarakat Indonesia, mengarah kepada *green mining* dan pembangunan berkelanjutan.

Industri pertambangan memiliki ciri yang spesifik dan berbeda dengan industri lain, karena industri pertambangan :

- Merubah kondisi Industri pertambangan secara alamiah akan merubah bentang alam dan ekosistem
- Lingkungan tempat kerja yang relative sempit
- Metode penambangan sangat dipengaruhi oleh kondisi alam
- Lingkungan tempat kerja yang cukup terbatas;
- Tempat kerja yang relatif sempit;
- Peralatan utama dan pendukung yang sangat spesifik;
- Tenaga kerja harus memiliki kompetensi yang baik dan memiliki kepedulian terhadap aspek keselamatan yang sangat tinggi.

Seiring meningkatnya kebutuhan mineral dan batubara sebagai sumber energi maupun sebagai bahan baku industri baik untuk domestik maupun ekspor, serta makin menipisnya cadangan batubara Indonesia yang terdapat di permukaan, maka dalam beberapa tahun ke depan kecenderungan penambangan batubara bawah permukaan diperkirakan akan meningkat. Oleh karena itu, perlu dikembangkan teknologi tambang bawah permukaan yang efisien dan efektif untuk menambang cadangan-cadangan yang terletak jauh di bawah permukaan (*deep deposits*). Untuk memenuhi kebutuhan batubara tersebut diperkirakan akan terjadi perubahan paradigma pada kegiatan penambangan batubara di Indonesia dari metode tambang permukaan menuju tambang bawah permukaan.

Saudara sekalian yang saya hormati,

Ke-depannya metode penambangan akan diarahkan pada penambangan bawah tanah karena selain untuk optimalisasi pemanfaatan sumber daya mineral dan batubara juga tertuang dalam Peraturan Presiden Nomor 28 Tahun 2011 Tentang Penggunaan Kawasan Hutan Lindung Untuk Penambangan Bawah Tanah. Peraturan ini memberikan kepastian bahwa ketika akan melakukan operasional produksi di kawasan hutan lindung wajib menggunakan metode tambang bawah tanah. Metode tambang bawah tanah tentunya tidak terlepas dari teknologi rekayasa batuan (*rock engineering*).

Tentu kita ketahui bersama bahwa aplikasi dari teknologi rekayasa batuan ini bertujuan dan berguna dalam pelaksanaan operasi penambangan bawah tanah dan juga untuk meningkatkan efisiensi struktur dalam tambang (lereng penggalian, lubang bukaan, dsb) serta safety confidency. Safety yang dimaksud di sini adalah untuk mengurangi unsure trial and error.

Berkenaan dengan hal diatas dan untuk melihat masa depan rekayasa batuan yang lebih baik lagi, maka diperlukan beberapa strategi. *Pertama*, Pilihan untuk Teknologi Rekayasa Batuan. Pemilihan teknologi tersebut tidak hanya sekedar berdasarkan pada murah atau mahal nya teknologi tersebut, tetapi juga harus mempertimbangkan aspek lain, seperti lingkungan dan aspek efisiensi teknologi. *Kedua*, Sumber Daya Manusia, Pengembangan sumber daya manusia mutlak diperlukan dalam operasi penambangan bawah tanah. Oleh karena itu kita harapkan mitra strategis, yaitu kita sebagai pemerintah, akademisi dan perusahaan dapat saling bekerjasama dalam rangka pengembangan SDM ini.

Saudara sekalian yang saya hormati,

Rakayasa batuan sangat erat kaitannya dengan faktor safety. Karena itu saya tekankan bahwa rekayasa batuan adalah hal yang penting dalam penciptaan *good mining practice* dan saya yakin jika ini kita perhatikan bersama dan menjadi concern kita maka kita dapat menciptakan pertambangan yang berkelanjutan, baik dari sisi faktor K3, pasca tambang maupun dari sisi teknologinya. Tentu saja, perlu adanya kerjasama yang intens antar stakeholders pertambangan, antara lain pemerintah, perusahaan pertambangan, masyarakat dan akademisi supaya apa yang kita harapkan dapat terwujud.

Akhirnya, saya sampaikan selamat mengikuti acara Symposium dan Seminar ini, dan dengan mengucapkan *bismillahirrahmanirahim*, secara resmi acara ini saya nyatakan dibuka.

Terima Kasih

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Direktur Jenderal Mineral dan Batubara

Dr. Thamrin Sihite

Daftar Isi

KATA PENGANTAR	iii
SAMBUTAN KETUA PANITIA	iv
SAMBUTAN DEKAN FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL	vi
SAMBUTAN REKTOR UPN “VETERAN” YOGYAKARTA	vii
SAMBUTAN GUBERNUR DIY YOGYAKARTA	ix
SAMBUTAN DIREKTUR JENDRAL MINERAL DAN BATUBARA	xi
DAFTAR ISI	xv
SUSUNAN PANITIA	xviii
UCAPAN TERIMAKASIH	xix

SIMPOSIUM

Pembicara Utama

1. Peran Geomekanika Dalam Pengembangan Terowongan di Indonesia ~ Made Astawa Rai	1
2. Pengalaman PT. Cibaliung Sumber Daya Dalam Development Tambang Emas ~ D. Sinambela, Agus Sudarto, Haris Yusuf, B. Trisetyo, B. Dwinagara...	2
3. Perkembangan Rock Cutting dan Perannya Pada Rekayasa Pertambangan Dan Sipil ~ Suseno Kamadibrata	3
4. Geotechnical Analysis on Vertical Opening of DMLZ Vein Raise -(500 meter length)- Case Study in Freeport Indonesia ~ ~ J. Kamarea, Eman Widijanto, W. Yudanto, R. Subur	4
5. Jembatan Bentang Panjang di Indonesia 20 Tahun Mendatang Ditinjau Aspek Geoteknik dan Kegempaan ~ Asrurifak	5
6. Terowongan Jalan Raya ? mengapa Tidak ? ~ Setiawan, Tonny Lesmana	6
7. Analisis Geoteknik/Kegempaan Pada Desain Terowongan ~ Teuku Faisal Fathani	7

Makalah

1. Geotechnical analyses on vertical opening of DMLZ Vent Raise – (500 meter length) – case study in Freeport Indonesia ~ J Kamarea, W Yudanto, R Subur	8
2. Terowongan Jalan Raya? Mengapa Tidak? ~ Setiawan, Tonny Lesmana	17
Rumusan Simposium	27

SEMINAR

Tema-1

APPLIED ROCK MECHANICS, ROCK FRACTURE MECHANISCS, ROCK CUTTINGS

1. Beberapa Penyelidikan Geomekanika Yang Mudah Untuk Mendukung Rancangan Peledakan ~ S. Koesnaryo	1-1
--	-----

2. Studi Laboratorium Material Limbah Panas Bumi dan Limbah Penggilingan Beras untuk Meningkatkan Kekuatan Dinding Lubang Bor ~ Nur Suhascaryo, Zusry Jaifan, Andry Nugraha	1-6
3. Studi Pengaruh Sifat Batuan Terhadap Laju Penetrasi Pengeboran Batuan Pada Penyediaan Lubang Ledak ~ R.Hariyanto, Sudarsono, Try Andriyanto	1-14
4. Studi Jarak Kekar Berdasarkan Pengukuran Singkapan Massa Batuan Sedimen di Lokasi Tambang Batubara ~ Singgih Saptono, S. Kramadibrata, B. Sulistianto, M. Irsyam, B. Wiyono	1-18
5. Analisis Pengaruh Lingkungan Pengendapan batubara Terhadap Kandungan Sulfur Batubara ~ Waterman Sulistyana B, Dean Saputra	1-29
6. Uji Coba Resistivity 2-D Sebagai pengganti Seismik Untuk Penentuan Parameter peledakan Pada Overburden Batubara di PT BWM Kalsel ~ Winda	1-39
7. Cleat Pada lapisan Batubara dan Aplikasinya Didalam Industri pertambangan ~ Bambang Kuncoro P	1-50
8. Peran Kemampugaruan Ripperdozer Pada Penambangan Batubara ~ Yanto Indonesianto	1-62

Tema 2

UNDERGROUND MINING

1. Pengaruh Water cement Ratio Terhadap Setting Time Semen Injeksi Pada Conveyor Drift di Tambang Bawah Tanah ~ Sudarsono, Tedy Agung Cahyadi, Freddy N.D. Simonapendi	2-1
2. Rancangan Geometri Lubang Bukaak Vertikal (Vertical Shaft Opening) Pada Pekerjaan Underground mine Development ~ Nurkhamim`	2-13

Tema 3

TUNNEL ENGINEERING

1. Klasifikasi Geoteknik Goa Sungai Bawah Tanah Daerah Seropan Wonosari Gunung Kidul Daerah Istimewa Yogyakarta ~ Bani Nugroho, Pulung Arya Pranantya	3-1
--	-----

Tema 4

ROCK SLOPE IN MINING AND CIVIL ENGINEERING

1. Penentuan Desain Lereng Final pada Pit DH Daerah Konsesi PT. Arutmin Indonesia Tambang Asam Asam ~ Galih Wiria Swana	4-1
2. Kompetensi Geologi Implikasinya Dalam Kestabilan Lereng Serta Produktivitas Penambangan ~ Inmarlinianto, Hartono	4-13
3. Analisis Resiko Kestabilan Lereng Tambang Terbuka (Studi Kasus tambang Mineral X) ~ Masagus Ahmad Azizi, Suseno Kramadibrata, Ridho K. Wattimena, Indra Djati Sidi	4-19
4. Kerawanan Longsor Di Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur ~ Puji Pratiknyo	4-28
5. Pengaruh Geotekstil dan Susunan Bambu Terhadap Daya Dukung Pondasi Dangkal Di Atas Tanah Gambut ~ Soewignjo Agus Nugroho, Bambang Wisaksono	4-37

6.	Analisis Pengaruh <i>Water Pressure</i> Terhadap Kestabilan Lereng Jenjang Di <i>Southeast Wall Phase 6</i> Area penambangan Bijih Tembaga Hijau PT. Newmont Nusa Tenggara Kab. Sumbawa Barat ~ Suyono, Priyo Widodo	4-45
7.	Mineralisasi Bijih Besi Di kabupaten Donggala Provinsi Sulawesi Tengah ~ Abdul Rauf	4-54
8.	Pemodelan Distribusi Saturasi Air Awal Pada lapangan “X” Berdasarkan Data Analisa <i>Petrophysic</i> (Well Log) ~ Bambang Triwibowo, V. Dedi Cahyoko Aji	4-61
9.	Pengaliran Air Pada Tanah Kondisi Tidak Jenuh ~ Bambang Wisaksono	4-74
10.	Pengaruh Kestabilan Lereng Terhadap Cadangan Endapan Bauksit ~ Eddy Winarno, Wawong Dwi Ratminah	4-83

Susunan Panitia

SIMPOSIUM DAN SEMINAR NASIONAL GEOMEKANIKA KE – 1 TAHUN 2012

1. Dr. Ir. S. Koesnaryo, M.Sc, IPM	Penanggungjawab Program
2. Prof. Dr. Didit Welly Udjianto	Pengarah
3. Prof. Dr. Ir. Sari Bahagiarti, M.Sc	Pengarah
4. Dr. Ir. S. Koesnaryo, M.Sc, IPM	Pengarah
5. Dr. Ir. Dyah Rini Ratnaningsih, MT	Pengarah
6. Ir. Siti Umiyatun Choiriah, MT	Pengarah
7. Ir. Anton Sudiyanto, MT	Pengarah
8. Ir. Sudarsono, MT	Ketua Pelaksana
9. Teddy Agung Cahyadi, ST, MT	Sekretaris
10. Tri Wahyuningsih, ST	Anggota Sekretaris
11. Ferri Setiawan, ST	Anggota Sekretaris
12. Istiharumi	Anggota Sekretaris
13. Elly Khulastri	Anggota Sekretaris
14. Budi Iriyanti	Anggota Sekretaris
15. Rika Ernawati, ST, MT	Bendahara
16. Dr. Ir. Barlian Dwi Nagara, MT	Sponsorship Relation
17. Ir. Suyono, MS	Sponsorship Relation
18. Ir. Gunawan Nusanto, MT	Sponsorship Relation
19. Ir. Sudarsono, MT	Pengarah Acara
20. Dr. Ir. Eddy Winarno, S.Si, MT	Makalah/ Proseding
21. Riria Zendy Mirahati, ST	Makalah/ Proseding
22. Ir. R. Hariyanto, MT	Tempat/ Listrik/ Perlengkapan
23. Rusdiyono	Tempat/ Listrik/ Perlengkapan
24. Ir. Peter Eka Rosadi, MT	Dokumentasi (Audio, Vidio, Foto)
25. Ir. Priyo Widodo, MT	Transportasi, Akomodasi
26. Sigit Estika	Transportasi, Akomodasi
27. Ir. Wawong Dwi Ratminah, MT	Konsumsi
28. Dra. Rrr. Tjahjo Retno Adi, MM	Konsumsi
29. Dr. Ir. S. Koesnaryo, M.Sc, IPM	Reviewer Makalah
30. Dr. Ir. Barlian Dwi Nagara, MT	Reviewer Makalah
31. Ir. Bagus Wiyono, MT	Reviewer Makalah
32. Ir. Sudarsono, MT	Reviewer Makalah
33. Ir. R. Hariyanto, MT	Reviewer Makalah
34. Ir. Priyo Widodo, MT	Reviewer Makalah
35. Ir. Bambang Wisaksono, MT	Reviewer Makalah
36. Dr. Ir. Eddy Winarno, S.Si, MT	Reviewer Makalah

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada seluruh sponsor yang telah berpartisipasi dalam acara Kegiatan Simposium dan Seminar Nasional Geomekanika ke-1

SPONSOR PLATINUM

1. Mineral & Coal Studio

SPONSOR EMAS

1. PT. Cibaliung Sumber Daya
2. PT. Freeport Indonesia
3. PT. Bukit Asam, Tbk.
4. PT. Indo Tabangraya Megah
5. PT. Bumi Resources Mineral

SPONSOR PERAK

1. PT. Antam Tbk. UBPE Pongkor
2. PT. GeoAce

SPONSOR PERUNGGU

1. PT. Dian Bara Genoyang
2. PT. Nusa Halmahera Minera
3. PT. Bayan Resources
4. PT. Singlurus Pratama
5. PT. Jembayan Muara Bara
6. PT. Antam Tbk, UBPN Maluku Utara
7. PT. Adaro Indonesia
8. Indonesian Rock Mechanics Society (IRMS)
9. PT. Senamas Energindo Mineral

SPONSOR PARTISIPASI

1. PT. Rahman Abdijaya
2. PT. Macheral Energitama
3. PT. Dahana



Studi Jarak Kekar Berdasarkan Pengukuran Singkapan Massa Batuan Sedimen di Lokasi Tambang Batubara

Oleh:

Saptono, S., Kramadibrata, S., Sulistianto, B., Irsyam, M.

Ringkasan

Perdasarkan hasil penelitian bahwa pengaruh skala sangat berperan dalam menentukan kekuatan batuan salah satu penyebabnya adalah pengaruh dari jarak bidang kekar. Pada sistem klasifikasi massa batuan jarak bidang kekar merupakan salah satu parameter untuk menentukan kualitas batuan dan kekuatan massa batuan. Hasil penelitian berdasarkan pengukuran singkapan di massa batuan sedimen di tambang batubara menunjukkan bahwa distribusi jarak bidang kekar terhadap frekuensi mengikuti model fungsi distribusi eksponensial negatif. Fungsi distribusi frekuensi ini menyerupai model distribusi frekuensi pada jenis massa batuan yang lain yang telah diteliti sebelumnya. Pengukuran dilakukan dengan metode *scanline* sepanjang 473 m dengan jumlah bidang kekar sebanyak 2547 bidang kekar. Pengukuran bidang kekar dilakukan pada singkapan massa batuan batupasir dan batulumpur di daerah lowwall tambang batubara. Dengan demikian untuk menentukan kualitas dan kekuatan batuan massa batuan sedimen berdasarkan pengukuran singkapan dapat dilakukan dengan menerapkan persamaan Priest & Hudson.

Kata kunci: bidang kekar, jarak bidang kekar, distribusi frekuensi, RQD dan kelas massa batuan.

1. Pendahuluan

Tidak seperti teknik perekayasa material yang lain bahwa material batuan merupakan material yang unik untuk para perancang. Hal ini dapat dilihat bahwa batuan adalah material kompleks yang sangat bervariasi sifatnya, sifat ini banyak dijumpai di batuan di tambang. Lebih lanjut lagi, bahwa suatu pilihan dari material batuan hanya tersedia pada suatu lokasi saja tidak ditemukan di lokasi yang lain akan tetapi meskipun mungkin akan dijumpai pada di lokasi yang lain untuk sebuah proyek, sampai batas tertentu, untuk menjadi rujukan perkuatan batuan di sekitar penggalian. Hampir semua, para perancang dan geologist dihadapkan dengan batuan sebagai suatu material yang tersusun dari blok-blok batuan yang dipisahkan dengan berbagai jenis bidang ketidakmenerusan, seperti kekar, sesar, bidang perlapisan dsb. Susunan blok-blok pada batuan menjadi suatu massa batuan. Sehingga, sifat keteknisan baik sebagai batuan utuh dan massa batuan harus dipahami. **Deere & Miller (1966)** adalah orang yang pertama kalinya mengusulkan penentuan kelas batuan berdasarkan kuat tekan uniaksial, hasilnya batuan dapat diklasifikasi sebagai batuan sangat keras, batuan keras, batuan keras sedang, batuan lemah, batuan sangat lemah (**Bieniawski, 1989**). Kekurangan dari klasifikasi batuan utuh ini tidak dapat memberikan data kuantitatif yang mewakili massa batuan. Sehingga, **Bieniawski (1973)** membuat suatu klasifikasi massa batuan dengan parameter kuat tekan uniaksial ini

adalah salah satu parameter untuk menentukan kelas massa batuan, selain parameter spasi kekar, rock quality designation, kondisi kekar, kondisi air tanah dan orientasi bidang kekar terhadap arah penggalian. Sehingga lima parameter yang lain sangat berperan pada penentuan kelas massa batuan. Sehingga kondisi bidang kekar ini harus diketahui dengan benar. Pada tulisan ini salah satu sifat yang akan dibahas adalah jarak bidang kekar yang terdapat di batuan sedimen di daerah tambang batubara beriklim tropik.

2. Lokasi dan Geologi

2.1. Lokasi

Penelitian mengenai jarak bidang kekar dilakukan di tambang batubara di daerah Tutupan, Tanjung, Tabalong, Kalimantan Selatan yang dikerjakan oleh PT. Adaro Indonesia. Lokasi tambang ini berjarak 232 km dari kota Banjarmasin. Secara umum batubara yang diproduksi adalah jenis batubara lignit dan sub-Bituminous.

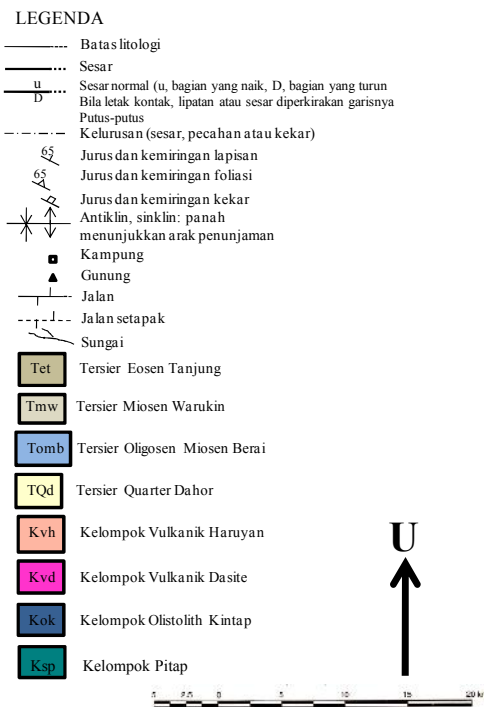
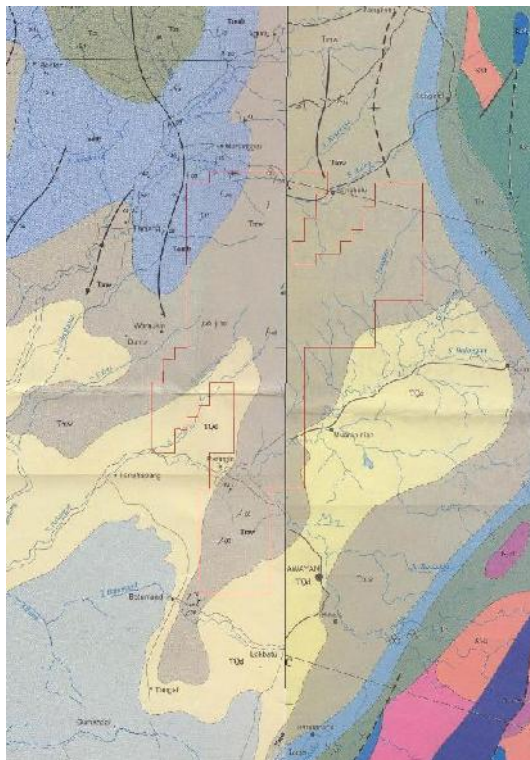
2.2. Geologi

Geologi dan stratigrafi daerah Tutupan seperti tergambar pada Gambar 1. Bukit Tutupan dengan panjang sekitar 20 km tersebar dari timur laut ke barat daya. Bukit ini dibentuk oleh adanya pergerakan dua struktur sesar yang berdekatan satu dengan lainnya. Salah satu struktur sesar itu adalah struktur sesar Dahai tersebar sepanjang bagian barat kaki bukit Tutupan, yang awalnya ada di Desa Buliak di



selatan dan terus berlanjut sampai timur laut diluar areal. Sesar ini diinterpretasikan seperti terletak pada batas antara Formasi Dahor di sebelah barat dan Formasi Warukin di timur. Formasi Warukin terdorong diatas Formasi Dahor, adapun sesar lain adalah Tanah Abang-Tutupan Timur mendorong sesar yang keluar sepanjang timur kaki bukit. Sesar tersebut meluas sepanjang selatan Dahai sampai ke

lapangan minyak timur laut Tepian Timur. Kejadian sesar-sesar ini telah dibuktikan lewat data seismik dan pengeboran pada sumur minyak. Tanah Abang-Tutupan Timur merupakan salah satu struktur *antiklin* yang saat ini masih ada dan terletak di bagian barat kaki bukit Tutupan. Batubara pada Blok Tutupan memiliki ketebalan sampai 50 meter dengan kemiringan berkisar antara 30° sampai 50°.



R. Heriyanto, S. Supriatna, E. Rustandi dan Baharuddin, 1994

Gambar 1. Peta geologi regional PT. Adaro Indonesia pada lembar Amuntai dan lembar Sampanahan (Pusat Survei Geologi; 1994, 2007)

3. Lokasi pengukuran bidang diskontinuitas

Lokasi pengukuran karakterisasi massa batuan dilakukan di beberapa tempat di Lowwall Pit Pama, Sis, Buma dan RA. Sedangkan, karakterisasi massa batuan dilakukan di 22 penampang yang terdiri dari 13 penampang di Pit Pama, 5 penampang di Pit Sis dan 4 penampang di Pit Buma dan Pit RA. Pemilihan lokasi karakterisasi massa batuan berdasarkan pada kelengkapan data laboratorium maupun struktur, kemudahan operasional dan aman. Karakterisasi massa batuan yang dilakukan di tambang Tutupan pada umumnya berada di lereng lowwall.

4. Karakterisasi Massa Batuan

Karakterisasi massa batuan adalah proses pengklasifikasian massa batuan dengan cara melakukan observasi yang berhubungan dengan geometri kekar dan kondisi kekar. Geometri kekar meliputi pengukuran orientasi kekar, spasi kekar dan kemenurunan kekar. Sedangkan kondisi kekar meliputi kekasaran kekar, kekuatan dinding kekar, lebar bukaan kekar, isian pada kekar, pelapukan, dan luahan air tanah pada kekar. Dalam karakterisasi massa batuan terdapat dua jenis batuan yaitu batupasir (batupasir kasar dan batupasir halus) dan batulumpur.



4.1. Pengukuran Orientasi Kekar

Pengukuran orientasi kekar dilakukan di singkapan batuan di lereng *lowwall*. Cara pengukuran dengan metode pengukuran singkapan dengan garis bentangan (*scanline*). Arah umum orientasi bidang kekar di tambang Tutupan diperoleh seperti tertera pada Gambar 2.

4.2. Orientasi bidang kekar

Secara umum arah umum orientasi kekar mempunyai orientasi arah kemiringan kekar

yang sangat random, hanya beberapa lokasi ditemukan memiliki arah yang berlawanan dengan arah kemiringan lereng (Gambar 2). Berdasarkan orientasi kekar random maka potensi yang paling mungkin terjadinya kelongsoran adalah jenis kelongsoran busur dan dapat terjadi perubahan kekuatan batuan menjadi batuan lunak akibat dari pengaruh hujan dan panas.

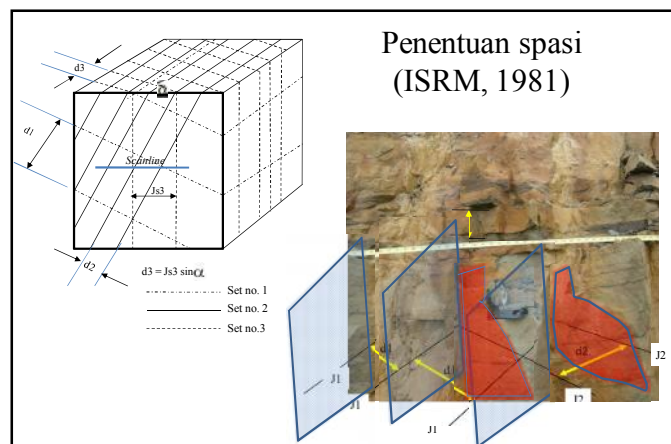


Gambar 2. Arah umum orientasi bidang kekar di Pit PAMA (Saptono, 2012)

5. Pengukuran jarak bidang kekar

Hasil pengukuran jarak kekar berupa frekuensi kekar yang mencerminkan kualitas massa batuan yang selanjutnya dikenal dengan nama *Rock Quality Designation* atau RQD (Deere & Miller, 1966). Jarak bidang kekar adalah jarak tegak lurus antar bidang kekar. Seperti ditunjukkan pada Gambar 4 notasi d_n adalah

spasi bidang kekar dengan jarak antara bidang kekar J_n dan J_{n+1} adalah jarak antar kekar yang terukur atau jarak pengukuran. Gambar 3 menunjukkan tiga spasi kekar. Oleh karena pengukuran kekar dilakukan pada permukaan singkapan massa batuan maka perlu koreksi untuk mendapatkan jarak kekar sesungguhnya.

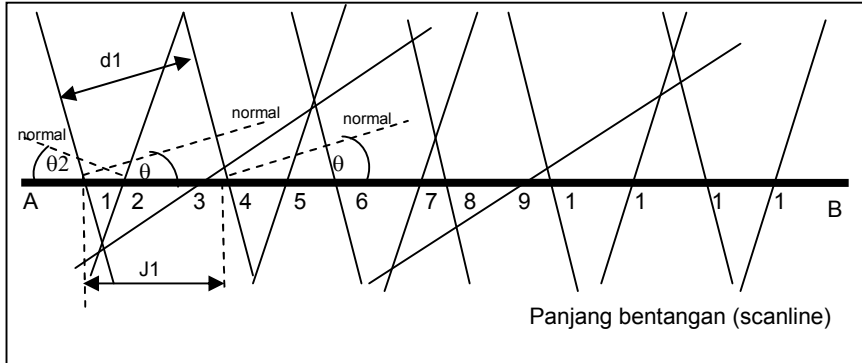


Gambar 3. Penentuan spasi bidang kekar (Saptono, 2012)



Besar koreksi spasi kekar sebesar $\sin \theta$ dengan θ adalah sudut antara arah bidang kekar arah bidang permukaan singkapan (Terzaghi, 1965). Untuk mempermudah pengukuran dan

menghitung spasi bidang kekar sebagai ilustrasi pengukuran jarak kekar sebenarnya dengan menggunakan metode *scanline* seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengukuran jarak antar bidang kekar pada *scanline* (Kramadibrata, 1996)

Dengan memahami pengertian bidang kekar seperti pada Gambar 4 dan 5, adalah mengikuti prosedur sebagai berikut

- Pastikan wilayah atau daerah singkapan, jenjang atau lereng yang akan diobservasi aman dari peluang jatuhnya batuan atau longsor atau kegiatan operasional penambangan.
- Membuat garis bentangan (*scanline*),
- Garis mempunyai kemiringan (*dip*),
- Garis bentangan mempunyai ketinggian setinggi mata peneliti,
- Panjang minimum adalah 10 kali jarak rata-rata kekar,
- Mengukur variasi orientasi keluarga kekar,
- Mempunyai kerataan permukaan singkapan massa batuan,
- Ketersediaan muka singkapan massa batuan yang saling tegak lurus,
- Pengukuran dilakukan minimum dua kali, maju dan mundur,
- Mengetahui variasi jenis batuan.

Untuk menentukan jarak antar kekar dari hasil pengukuran dilakukan perhitungan seperti persamaan dibawah ini. Perhitungan jarak sebenarnya antar bidang kekar dihitung dengan persamaan (1) sampai persamaan (3); (Kramadibrata, 1996),

$$d_{i,i+1} = j_{i,i+1} \cos \frac{(\theta_i + \theta_{i+1})}{2} \quad \dots (1)$$

Keterangan: $d_{i,i+1}$ = jarak sebenarnya antar bidang kekar, $j_{i,i+1}$ = jarak semu antar bidang kekar dan θ_i = sudut antara garis normal dengan scanline.

Selanjutnya jarak rata-rata antar bidang kekar pada set bidang kekar A dihitung dengan persamaan (2);

$$dswA = \frac{\sum_{i=1}^n dswA_{i,i+1} \cos(\theta_{i,i+1})}{k} \quad \dots (2)$$

Keterangan: $dswA$ = jarak rata-rata kekar A sepanjang *scanline*, $dswA_{i,i+1}$ = jarak semu antar bidang kekar pada set bidang kekar A. Jarak rata-rata antar bidang kekar sepanjang *scanline* dihitung dengan persamaan (3);

$$dsw = \frac{\sum_{i=1}^m dsw_m}{m} \quad \dots (3)$$

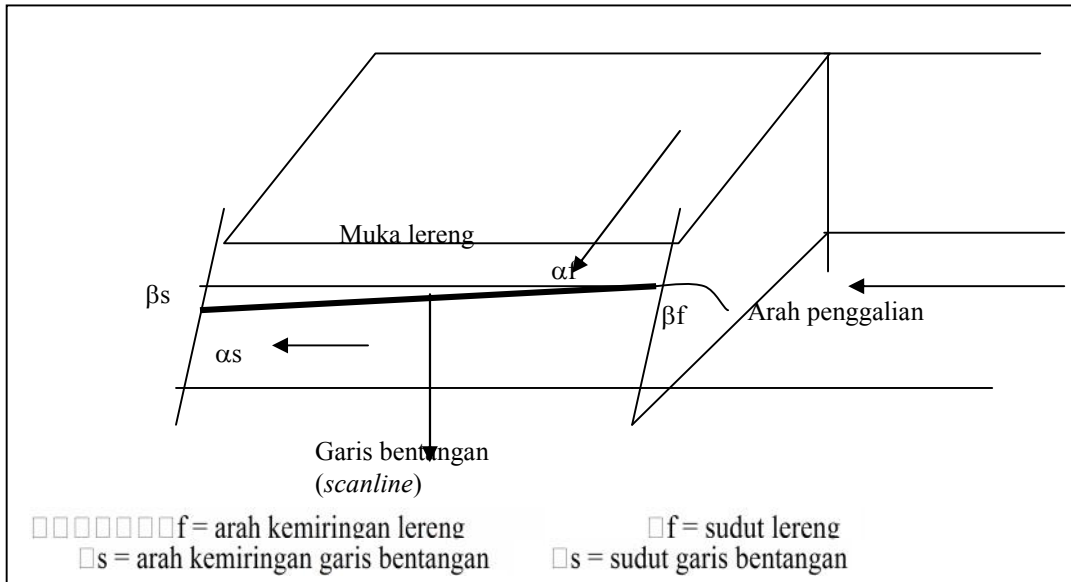
Keterangan: dsw = jarak rata-rata kekar sepanjang *scanline* dan dsw_m = jumlah jarak kekar sebenarnya sepanjang *scanline* setiap set dan m = jumlah set kekar.

Beberapa istilah yang digunakan dalam pengukuran spasi kekar (Gambar 5) dan penggunaan faktor koreksi untuk menentukan jarak kekar sebenarnya adalah sebagai berikut

- θ_f / ϕ = arah kemiringan dan sudut lereng
- θ_s / ϕ_s = arah dan sudut kemiringan garis bentangan
- θ_d / ϕ_d = arah dan sudut kemiringan bidang kekar
- θ_n / ϕ_n = arah dan sudut kemiringan arah normal terhadap bidang kekar
- θ = sudut normal terhadap kekar dan garis bentangan



- \bar{A} = nilai rata-rata \bar{A} untuk kekar keluarga A
- W = faktor bobot **Terzaghi** = $1/\cos \alpha$
- i-m = nomor jalur
- Ji-m = jarak semu kekar untuk nomor jalur im
- $d(im)$ = jarak sebenarnya untuk jalur im
- dxw = jarak sebenarnya kekar rata-rata dari satu keluarga kekar
- dsw = bobot rata-rata jarak sebenarnya kekar dari garis bentangan



Gambar 5. Istilah pada pengukuran spasi kekar pada massa batuan (Kramadibrata, 1996)

Contoh: hasil pengukuran kekar

Lokasi	: Penampang 5	<u>Geometri Lereng</u>	
Jenis batuan	: Batupasir halus	Arah kemiringan ($^\circ$)	: N150 $^\circ$ E
Blok/Elevasi	: 47 – 102 / 102 mRL	Kemiringan (α)	: 38 $^\circ$
Tanggal	: 09/03/2008	Tinggi lereng (h)	: 12 m
Cuaca	: cerah	<u>Scanline</u>	
Jam	: 08.30 WITA	Arah kemiringan (α_s)	: N240 $^\circ$ E
		Kemiringan (α_s)	: 2 $^\circ$
		Panjang	: 28 m

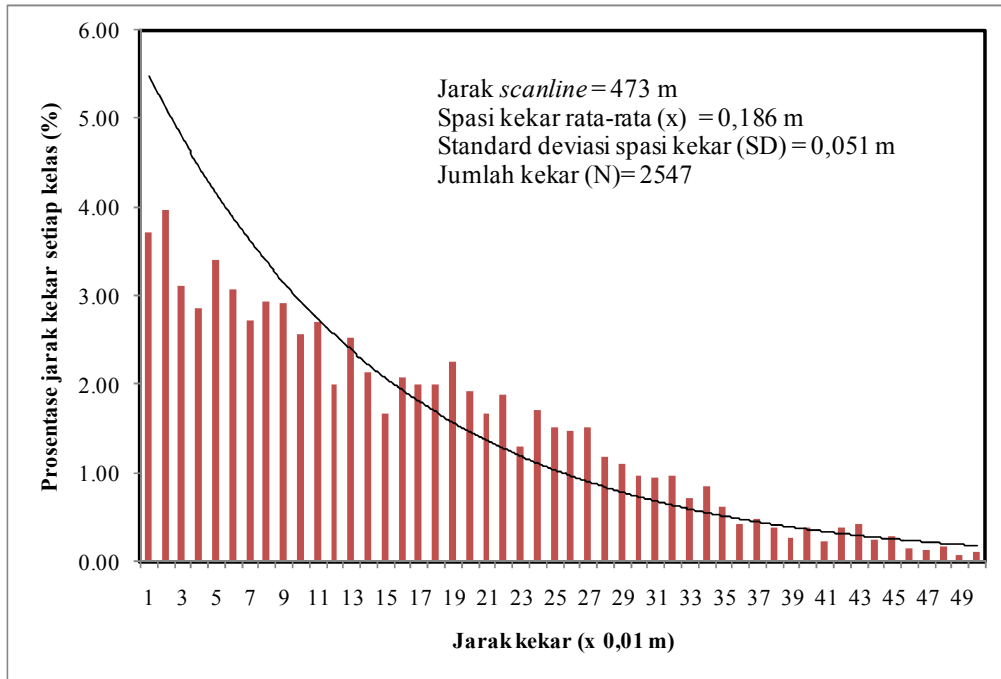
Hasil perhitungan berdasarkan jarak semu bidang kekar (jarak pengukuran) untuk bidang kekar A adalah 1,04 m dan jarak sebenarnya bidang kekar terkoreksi (dxw) adalah 0,88 m, jarak semu bidang kekar (jarak pengukuran) untuk kekar B adalah 1,07 m dan jarak sebenarnya bidang kekar (dxw) adalah 0,45 m, jarak semu bidang kekar (jarak pengukuran) untuk bidang kekar C adalah 1,28 m dan jarak sebenarnya bidang kekar (dxw) adalah 1,07 m dan jarak semu bidang kekar (jarak pengukuran) untuk bidang kekar D adalah 0,34 m dan jarak sebenarnya kekar (dxw) adalah 0,10 m. Sehingga jarak sebenarnya kekar A, B, C dan D rata-rata adalah 0,62 m (Lampiran).

Tujuan perhitungan spasi bidang kekar adalah untuk menentukan bobot spasi bidang kekar dan bobot kualitas massa batuan (*Rock Quality Designation, RQD*). Sebelum menentukan RQD maka hasil pengukuran spasi bidang kekar perlu dibuat hubungan antar jarak spasi bidang kekar dengan jumlah bidang kekar dalam distribusi frekuensi. Jika distribusi frekuensi membentuk fungsi eksponensial maka persamaan **Priest & Hudson (1976)** untuk menentukan RQD dapat digunakan. Gambar 6 menunjukkan hasil pengukuran spasi bidang kekar dalam bentuk distribusi frekuensi, ternyata membentuk fungsi eskponensial serupa dengan hasil pengukuran spasi bidang kekar **Priest & Hudson (1976)**.



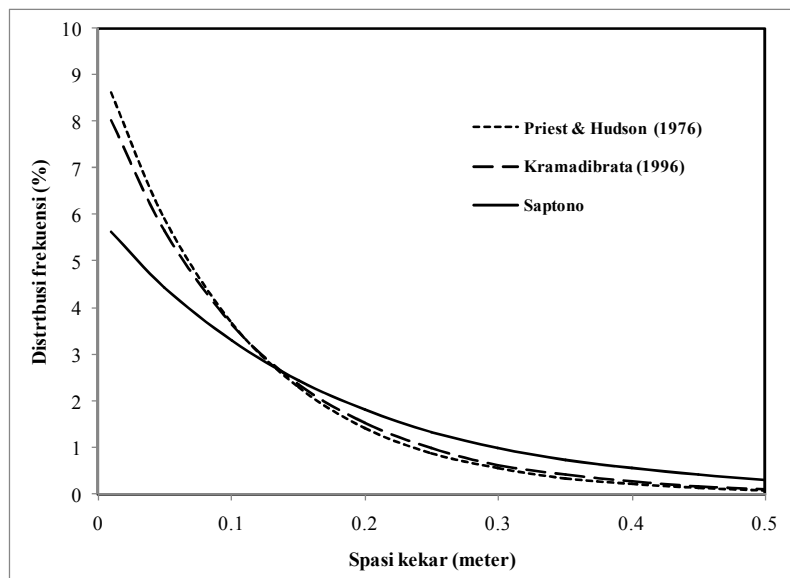
Persamaan fungsi spasi bidang kekar di
 singkapan batuan tambang Tutupan, yaitu
 $f(x) = Ae^{-\lambda x} = 100 e^{-0,1\lambda}(0,1\lambda + 1) \dots (4)$

Keterangan: $f(x)$ = RQD (%), A = konstanta,
 dan λ = frekuensi kekar per meter.



Gambar 6. Distribusi frekuensi spasi bidang kekar di massa batuan (Saptono, 2012)

Hasil distribusi spasi kekar menunjukkan kemiripan dengan hasil Priest & Hudson (1976) dan Kramadibrata (1996), (Gambar 7).



Gambar 7. Hasil distribusi spasi kekar Tutupan terhadap hasil penelitian terdahulu (Saptono, 2012)

Hasil pengukuran jarak bidang kekar dan RQD (Tabel 1) menunjukkan bahwa jarak spasi bidang kekar dari 10 cm hingga 63 cm. Hasil

perhitungan RQD yaitu RQD rata-rata adalah 91%, RQD yang tertinggi sebesar 98% terdapat pada batupasir di Pit SIS, sedang RQD terendah



sebesar 71% terdapat pada batulumpur Pit Buma (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil pengukuran jarak bidang kekar dan RQD (Saptono, 2012)

Penampang	Jenis batuan	Panjang garis bentangan (m)	Jumlah bidang kekar terukur (Jn)	Jarak bidang kekar sebenarnya rata ² (d, m)	Frekuensi kekar (□, m ⁻¹)	RQD (%)
1	Batupasir kasar	52	1	0,42	2	97
2	Batupasir kasar	71	3	0,27	4	95
3	Batupasir halus	88	2	0,56	2	98
4	Batupasir halus	22	2	0,22	5	92
5	Batupasir halus	88	4	0,63	2	98
6	Batupasir halus	112	3	0,37	3	97
7	Batupasir halus	68	2	0,20	5	91
8	Batupasir halus	56	4	0,36	3	97
9	Batupasir kasar	47	1	0,20	5	91
10	Batupasir kasar	35	2	0,27	4	94
11	Batupasir kasar	56	1	0,50	2	98
12	Batupasir kasar	30	2	0,23	4	93
13	Batupasir kasar	28	4	0,10	10	74
14	Batupasir kasar	60	2	0,24	4	93
15	Batupasir halus	36	3	0,20	5	91
16	Batupasir halus	17	2	0,16	6	86
17	Batupasir halus	36	4	0,20	5	91
18	Batupasir halus	286	3	0,63	2	99
19	Batupasir halus	155	4	0,56	2	98
20	Batulumpur	17	3	0,15	7	85
21	Batulumpur	66	3	0,63	2	99
22	Batulumpur	10	4	0,10	11	72

laboratorium dan teknisi yang terlibat dalam penelitian ini.

6. Kesimpulan

Hasil pengukuran spasi bidang kekar di tambang Tutupan membentuk distribusi frekuensi sebagai fungsi eskponensial yang serupa dengan hasil pengukuran spasi bidang kekar **Priest & Hudson (1976)** dan **Kramadibrata (1996)**. Bentuk persamaan fungsi spasi bidang kekar yaitu

$$f(x) = Ae^{-\lambda x}$$

Dengan demikian memastikan bahwa persamaan **Priest & Hudson (1976)** dapat digunakan untuk menghitung RQD dengan metode pengukuran *scanline* dari singkapan batuan di massa batuan tambang batubara dan dapat sebagai alternatif perhitungan RQD dari inti bor (**Deere & Miller, 1966**).

Ucapan terimakasih

Terimakasih penulis ucapan terimakasih kepada pihak manajemen PT. Adaro Indonesia, yang mendukung penelitian karakterisasi massa batuan dan tak lupa terima kasih kepada kawan-kawan mahasiswa S3, S2 dan S1, staf

Daftar Pustaka

- Bieniawski, Z.T. (1973): *Engineering Classification of Jointed Rock Masses*, Trans. S. Afr. Inst. Civ. Eng. 15. pp. 335 – 344.
- Bieniawski, Z.T. (1989): *Engineering Rock Mass Classifications*, John-Wiley, New York.
- Deere, D.U. and Miller, R.P. (1966): *Engineering Classification and Index Properties for Intact Rocks*, Technical Report, Air Force Weapons Laboratory, New Mexico, AFNL-TR. 65-116.
- Kramadibrata, S. (1996): *The Influence of Rock Mass and Intact Rock Properties on The Design of Surface Mines with Particular Reference to The Excavatability of Rock*, Ph. D. Thesis, Curtin University of Technology.



PROSIDING SIMPOSIUM DAN SEMINAR
GEOMEKANIK A KE-1 TAHUN 2012
MENGAGAS MASA DEPAN REKAYASA BATUAN &
TEROWONGAN DI INDONESIA

Priest, S.D. and Hudson, J.A. (1976):
Discontinuity Spacing in Rock,
International Journal of Rock Mechanics
and Mining Sciences and Geomechanics
Abstracts, 13, 135 – 148.

Saptono, S. (2012): *Pengembangan Metode
Analisis Stabilitas Lereng Berdasarkan
Karakterisasi Batuan di Tambang Terbuka
Batubara*, Disertasi Doktor, Rekayasa
Pertambangan, Institut Teknologi Bandung.



PROSIDING SIMPOSIUM DAN SEMINAR
 GEOMEKANIKA KE-1 TAHUN 2012
 MENGGAGAS MASA DEPAN REKAYASA BATUAN &
 TEROWONGAN DI INDONESIA

Lampiran. Contoh penentuan jarak sebenarnya antar bidang kekar dari hasil pengukuran pada batupasir halus

bid kekar	Kekar No.	ad o	bd o	Jarak Kekar,m	an ad + 180	bn 90 - bd	cos(an-as)	cos bn	cos bs	sin bn	sin bs	abs [cos tetha]	tetha o	i-m			ji-m m	d(im) m	dxw m
														dari		ke			
A	1	32	60		212	30	0.88	0.87	1.00	0.50	0.03	0.78	38.59						
A	2	40	81	1.00	220	9	0.94	0.99	1.00	0.16	0.03	0.93	21.09	1	-	2	1.00	0.87	
A	3	33	51	1.29	213	39	0.89	0.78	1.00	0.63	0.03	0.71	44.44	2	-	3	1.29	1.08	
A	4	36	56	1.19	216	34	0.91	0.83	1.00	0.56	0.03	0.78	39.07	3	-	4	1.19	0.89	
A	5	34	42	1.30	214	48	0.90	0.67	1.00	0.74	0.03	0.63	51.17	4	-	5	1.3	0.92	
A	6	44	62	1.38	224	28	0.96	0.88	1.00	0.47	0.03	0.86	30.16	5	-	6	1.38	1.05	
A	7	39	58	1.20	219	32	0.93	0.85	1.00	0.53	0.03	0.81	35.93	6	-	7	1.2	1.01	
A	8	34	58	0.90	214	32	0.90	0.85	1.00	0.53	0.03	0.78	38.72	7	-	8	0.9	0.72	
A	9	38	60	0.84	218	30	0.93	0.87	1.00	0.50	0.03	0.82	34.92	8	-	9	0.84	0.67	
A	10	32	74	0.72	212	16	0.88	0.96	1.00	0.28	0.03	0.86	30.92	9	-	10	0.72	0.60	
A	11	37	43	0.72	217	47	0.92	0.68	1.00	0.73	0.03	0.65	49.24	10	-	11	0.72	0.55	
A	12	63	68	1.45	243	22	1.00	0.93	1.00	0.37	0.03	0.94	20.21	11	-	12	1.45	1.19	
A	13	37	64	1.68	217	26	0.92	0.90	1.00	0.44	0.03	0.84	32.63	12	-	13	1.68	1.50	
A	14	69	73	1.23	249	17	0.99	0.96	1.00	0.29	0.03	0.95	17.42	13	-	14	1.23	1.11	
A	15	79	64	1.19	259	26	0.95	0.90	1.00	0.44	0.03	0.86	30.16	14	-	15	1.19	1.09	
A	16	66	79	0.30	246	11	0.99	0.98	1.00	0.19	0.03	0.98	10.79	15	-	16	0.3	0.28	
A	17	65	76	0.35	245	14	1.00	0.97	1.00	0.24	0.03	0.97	12.98	16	-	17	0.35	0.34	
A	18	64	68	0.82	244	22	1.00	0.93	1.00	0.37	0.03	0.94	20.37	17	-	18	0.82	0.79	
A	19	78	54	0.88	258	36	0.95	0.81	1.00	0.59	0.03	0.79	37.86	18	-	19	0.88	0.77	
A	20	83	63	0.65	263	27	0.92	0.89	1.00	0.45	0.03	0.84	33.33	19	-	20	0.65	0.53	
A	21	46	76	1.30	226	14	0.97	0.97	1.00	0.24	0.03	0.95	18.32	20	-	21	1.3	1.17	
A	22	87	66	1.43	267	24	0.89	0.91	1.00	0.41	0.03	0.83	34.14	21	-	22	1.43	1.28	
B	23	185	42														1,04	A	0.88
B	24	170	48	1.22	350	42	-0.34	0.74	1.00	0.67	0.03	0.23	76.66	23	-	24	1.22	0.96	
B	25	148	48	1.24	328	42	0.03	0.74	1.00	0.67	0.03	0.05	87.18	24	-	25	1.24	0.17	
B	26	177	88	1.10	357	2	-0.45	1.00	1.00	0.03	0.03	0.45	63.11	25	-	26	1.10	0.28	
B	27	192	45	1.30	12	45	-0.67	0.71	1.00	0.71	0.03	0.45	63.37	26	-	27	1.30	0.59	
B	28	169	69	0.60	349	21	-0.33	0.93	1.00	0.36	0.03	0.29	73.07	27	-	28	0.60	0.22	
B	29	185	76	0.69	5	14	-0.57	0.97	1.00	0.24	0.03	0.55	56.79	28	-	29	0.69	0.29	
B	30	170	64	1.80	350	26	-0.34	0.90	1.00	0.44	0.03	0.29	73.03	29	-	30	1.80	0.76	
B	31	171	66	0.80	351	24	-0.36	0.91	1.00	0.41	0.03	0.31	71.76	30	-	31	0.80	0.24	
B	32	121	76	1.25	301	14	0.48	0.97	1.00	0.24	0.03	0.48	61.41	31	-	32	1.25	0.50	
B	33	178	66	0.14	358	24	-0.47	0.91	1.00	0.41	0.03	0.41	65.52	32	-	33	0.14	0.06	
B	34	167	77	0.43	347	13	-0.29	0.97	1.00	0.22	0.03	0.28	73.93	33	-	34	0.43	0.15	
B	35	189	72	1.23	9	18	-0.63	0.95	1.00	0.31	0.03	0.59	54.03	34	-	35	1.23	0.54	



PROSIDING SIMPOSIUM DAN SEMINAR
 GEOMEKANIKA KE-1 TAHUN 2012
 MENGGAGAS MASA DEPAN REKAYASA BATUAN &
 TEROWONGAN DI INDONESIA

Lampiran. (Lanjutan)

bid kekar	Kekar No.	ad o	bd o	Jarak Kekar,m	an ad + 180	bn 90 - bd	cos(an-as)	cos bn	cos bs	sin bn	sin bs	abs [cos tetha]	tetha	i-m			ji-m m	d(im)	dxw
													o	dari	-	ke			
B	36	123	64	1.98	303	26	0.45	0.90	1.00	0.44	0.03	0.42	64.97	35	-	36	1.98	1.00	
B	37	169	78	1.30	349	12	-0.33	0.98	1.00	0.21	0.03	0.31	71.88	36	-	37	1.30	0.48	
B	38	169	76	1.36	349	14	-0.33	0.97	1.00	0.24	0.03	0.31	72.11	37	-	38	1.36	0.42	
B	39	196	78	1.30	16	12	-0.72	0.98	1.00	0.21	0.03	0.70	45.90	38	-	39	1.30	0.67	
B	40	176	78	1.10	356	12	-0.44	0.98	1.00	0.21	0.03	0.42	65.08	39	-	40	1.10	0.62	
B	41	122	65	0.34	302	25	0.47	0.91	1.00	0.42	0.03	0.44	63.90	40	-	41	0.34	0.15	
B	42	121	59	0.98	301	31	0.48	0.86	1.00	0.52	0.03	0.43	64.32	41	-	42	0.98	0.43	
B	43	165	70	1.73	345	20	-0.26	0.94	1.00	0.34	0.03	0.23	76.64	42	-	43	1.73	0.58	
B	44	188	76	1.34	8	14	-0.62	0.97	1.00	0.24	0.03	0.59	53.94	43	-	44	1.34	0.56	
B	45	124	67	0.24	304	23	0.44	0.92	1.00	0.39	0.03	0.42	65.36	44	-	45	0.24	0.12	
B	46	181	52	1.18	1	38	-0.52	0.79	1.00	0.62	0.03	0.38	67.41	45	-	46	1.18	0.47	
C	47	234	72														1.07	B	0.45
C	48	235	69	1.20	55	21	-1.00	0.93	1.00	0.36	0.03	0.92	23.52	47	-	48	1.20	1.17	
C	49	242	72	2.20	62	18	-1.00	0.95	1.00	0.31	0.03	0.94	20.10	48	-	49	2.20	2.04	
C	50	264	73	2.30	84	17	-0.91	0.96	1.00	0.29	0.03	0.86	30.36	49	-	50	2.30	2.08	
C	51	232	76	1.30	52	14	-0.99	0.97	1.00	0.24	0.03	0.95	17.86	50	-	51	1.30	1.19	
C	52	251	50	3.00	71	40	-0.98	0.77	1.00	0.64	0.03	0.73	43.19	51	-	52	3.00	2.58	
C	53	268	52	1.20	88	38	-0.88	0.79	1.00	0.62	0.03	0.67	47.63	52	-	53	1.20	0.84	
C	54	258	42	2.90	78	48	-0.95	0.67	1.00	0.74	0.03	0.61	52.41	53	-	54	2.90	1.86	
C	55	260	75	2.90	80	15	-0.94	0.97	1.00	0.26	0.03	0.90	26.09	54	-	55	2.90	2.25	
C	56	250	54	1.10	70	36	-0.98	0.81	1.00	0.59	0.03	0.78	39.13	55	-	56	1.10	0.93	
C	57	243	82	1.20	63	8	-1.00	0.99	1.00	0.14	0.03	0.98	10.44	56	-	57	1.20	1.09	
C	58	231	78	0.91	51	12	-0.99	0.98	1.00	0.21	0.03	0.96	16.61	57	-	58	0.91	0.89	
C	59	256	67	2.40	76	23	-0.96	0.92	1.00	0.39	0.03	0.87	29.46	58	-	59	2.40	2.21	
C	60	272	66	2.30	92	24	-0.85	0.91	1.00	0.41	0.03	0.76	40.53	59	-	60	2.30	1.88	
C	61	248	50	1.30	68	40	-0.99	0.77	1.00	0.64	0.03	0.74	42.63	60	-	61	1.30	0.97	
C	62	246	61	1.20	66	29	-0.99	0.87	1.00	0.48	0.03	0.85	31.53	61	-	62	1.20	0.96	
C	63	250	68	1.20	70	22	-0.98	0.93	1.00	0.37	0.03	0.90	25.91	62	-	63	1.20	1.05	
C	64	282	72	1.20	102	18	-0.74	0.95	1.00	0.31	0.03	0.70	45.93	63	-	64	1.20	0.97	
C	65	231	85	1.20	51	5	-0.99	1.00	1.00	0.09	0.03	0.98	11.39	64	-	65	1.20	1.05	
C	66	253	50	1.20	73	40	-0.97	0.77	1.00	0.64	0.03	0.72	43.65	65	-	66	1.20	1.06	
C	67	231	76	0.92	51	14	-0.99	0.97	1.00	0.24	0.03	0.95	18.32	66	-	67	0.92	0.79	
C	68	231	58	0.98	51	32	-0.99	0.85	1.00	0.53	0.03	0.82	35.05	67	-	68	0.98	0.88	
C	69	245	52	0.40	65	38	-1.00	0.79	1.00	0.62	0.03	0.76	40.27	68	-	69	0.40	0.32	
C	70	265	80	0.30	85	10	-0.91	0.98	1.00	0.17	0.03	0.89	27.63	69	-	70	0.30	0.25	
C	71	245	56	0.45	65	34	-1.00	0.83	1.00	0.56	0.03	0.81	36.31	70	-	71	0.45	0.38	
C	72	276	78	0.30	96	12	-0.81	0.98	1.00	0.21	0.03	0.78	38.41	71	-	72	0.30	0.24	



PROSIDING SIMPOSIUM DAN SEMINAR
 GEOMEKANIKA KE-1 TAHUN 2012
 MENGGAGAS MASA DEPAN REKAYASA BATUAN &
 TEROWONGAN DI INDONESIA

Lampiran (Lanjutan)

bid kekar	Kekar No.	ad o	bd o	Jarak Kekar,m	an ad + 180	bn 90 - bd	cos(an-as)	cos bn	cos bs	sin bn	sin bs	abs [cos tetha]	tetha o	i-m			ji-m	d(im)	dxw
														dari	-	ke			
C	73	249	40	0.33	69	50	-0.99	0.64	1.00	0.77	0.03	0.61	52.57	72	-	73	0.33	0.23	
C	74	239	43	0.65	59	47	-1.00	0.68	1.00	0.73	0.03	0.66	49.01	73	-	74	0.65	0.41	
C	75	246	72	0.30	66	18	-0.99	0.95	1.00	0.31	0.03	0.93	20.85	74	-	75	0.30	0.25	
C	76	265	67	0.39	85	23	-0.91	0.92	1.00	0.39	0.03	0.82	34.90	75	-	76	0.39	0.34	
D	77	354	66														1.28	C	1.07
D	78	348	55	0.71	168	35	0.31	0.82	1.00	0.57	0.03	0.27	74.16	77	-	78	0.71	0.57	
D	79	337	62	0.60	157	28	0.12	0.88	1.00	0.47	0.03	0.12	82.88	78	-	79	0.60	0.12	
D	80	338	59	0.20	158	31	0.14	0.86	1.00	0.52	0.03	0.14	82.11	79	-	80	0.20	0.03	
D	81	354	62	0.25	174	28	0.41	0.88	1.00	0.47	0.03	0.38	67.96	80	-	81	0.25	0.06	
D	82	332	28	0.80	152	62	0.03	0.47	1.00	0.88	0.03	0.05	87.30	81	-	82	0.80	0.17	
D	83	358	81	0.10	178	9	0.47	0.99	1.00	0.16	0.03	0.47	62.04	82	-	83	0.10	0.03	
D	84	353	28	0.30	173	62	0.39	0.47	1.00	0.88	0.03	0.21	77.63	83	-	84	0.30	0.10	
D	85	330	43	0.21	150	47	0.00	0.68	1.00	0.73	0.03	0.03	88.54	84	-	85	0.21	0.03	
D	86	312	52	0.23	132	38	-0.31	0.79	1.00	0.62	0.03	0.22	77.18	85	-	86	0.23	0.03	
D	87	345	63	0.31	165	27	0.26	0.89	1.00	0.45	0.03	0.25	75.74	86	-	87	0.31	0.07	
D	88	331	69	0.23	151	21	0.02	0.93	1.00	0.36	0.03	0.03	88.35	87	-	88	0.23	0.03	
D	89	312	68	0.24	132	22	-0.31	0.93	1.00	0.37	0.03	0.27	74.14	88	-	89	0.24	0.04	
D	90	343	52	0.30	163	38	0.22	0.79	1.00	0.62	0.03	0.20	78.54	89	-	90	0.30	0.07	
D	91	331	56	0.28	151	34	0.02	0.83	1.00	0.56	0.03	0.03	88.05	90	-	91	0.28	0.03	
																	0.34	D	0.10

□□ = 1/jarak kekar sebenarnya = 1/0,62 = 2 joints/m 1.02 dsw 0.62
 RQD measured = 99 %
 RQD calculated = 98 %