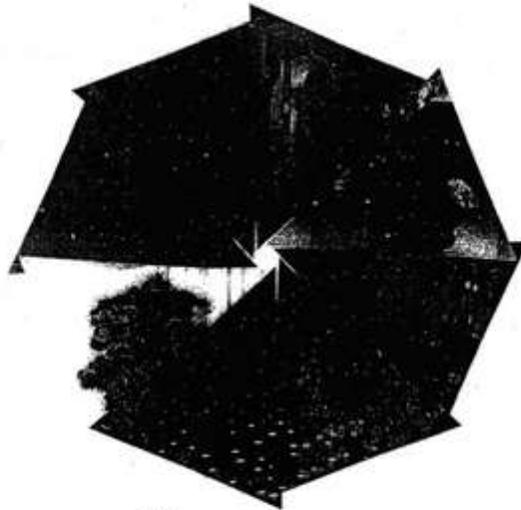


ISBN 978-602-8206-61-7
Desember 2013

PROSIDING SEMINAR NASIONAL
SHARING SESSION ALUMNI '92
Peluang dan Tantangan Dalam Pengusahaan Mineral dan Batubara



Penyunting :

Hasywir Thaib Siri
Eddy Winarno
Anton Sudiyanto
Raden Hariyanto
Barlian Dwi Nagara



Program Studi Teknik Pertambangan
Fakultas Teknologi Mineral
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
2013

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	iii
SAMBUTAN KETUA PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN FTM UPN "VETERAN" YOGYAKARTA	iv
DAFTAR ISI	v
I. MAKALAH UTAMA	
➤ <i>Working Plan For New Coal Project</i> Oleh: M. Zaki Mubarak.....	1-1
➤ <i>Introduction To The Jorc Code</i> Oleh: Rocky Lumbanradja	2-1
➤ <i>Minimalisir Dampak Negatif Kegiatan Penambangan Terhadap Lingkungan Sekitar Tambang</i> Oleh: Faxafrina Eka Wijayanti.....	3-1
➤ <i>Overview On DMLZ Full Production Ventilation Design</i> Oleh: Free Port-McMoran Copper & Gold	4-1
➤ <i>Membarngun Jejaring (Networking) Alumni</i> Oleh: Dody Trianto.....	5-1
➤ <i>Pemakaian dan Manfaat Elektronik Detonator Pada Peledakan Menembus Batubara (Through Seam Blast)</i> Oleh: Deddy Darmawan.....	6-1
➤ <i>Working Opportunity In Australia</i> Oleh: Rocky Lumbanradja.....	7-1
➤ <i>Prospek Pengusahaan Bahan Galian Golongan Batu</i> Oleh: PT Arsyndo Panca Mitra	8-1
➤ <i>Peluang dan Tantangan Kontraktor Pertambangan</i> Oleh: Hery Kuncoro.....	9-1

II. MAKALAH PENDUKUNG

- *Perbandingan Kemampuan Pompa SYKES FBP300 dan MULTIFLO MF420 Berdasarkan Nilai Operating Speed (RPM) Yang di Terapkan Pada Tambang Terbuka.* Oleh: Hartono, Indah Setyowati, Bambang Wisaksono, Dhitto Hermawan Putra..... 10-1
- *Pemodelan Aliran Air Tanah Dalam Pengelolaan Air Tanah Berbasis Cekungan.* Oleh: Budiarto, Sundek Hariyadi, Untung Sukamto..... 11-1
- *Amdal Sebagai Pengelolaan Kawasan Karst*
Oleh: Inmarlinianto, Sudarsono..... 12-1
- *Rencana Teknis Penataan Lahan Pada Bekas Penambangan Batu Andesit di Quarry 1 PT. Holcim Beton Pasuruan.* Oleh: Arif Gumilar dan Abdul Rauf, Gunawan Santoso, Sudaryanto..... 13-1
- *Perhitungan Curah Hujan Rencana dan Intensitas Hujan Pada Kegiatan Penambangan Endapan Bahan Galian.* Oleh: Suyono, Indun Titi Sariwati..... 14-1
- *Unjuk Kerja THREADBAR GROUTING Sebagai Sistem Penyangga Lubang Bukaan Tambang Bawah Tanah.* Oleh: R. Hariyanto,
➤ Indri Lesta Siwidiani, Lukas Danang Wibowo..... 15-1
- *Potensi dan Imbuan Air di Kecamatan Ngaglik Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta.* Oleh: Hasywir Thaib Siri, Rika Ernawati, Widodo Saputro, Peter Eka Rosadi..... 16-1
- *Optimalisasi Peluang Minimalisir Tantangan Usaha Pertambangan Guna Mewujudkan Kedaulatan Bangsa.* Oleh: Yuni Herawati, Siti Saudah 17-1
- *Sistem Penataan Lahan Pada Area Disposal di PT. Berau Bara Energi, Berau Kalimantan Timur.* Oleh: Dyah Probowati, Dealisa Noor Buana, Wawong Dwi Ratminah..... 18-1
- *Implementasi Pengawasan Kegiatan Produksi Pertambangan*
Oleh: Yanto Indonesianto, Kresno, Benny Indra Christ 19-1
- *Rencana Teknis Kegiatan Pascatambang*
Oleh: Eddy Winarno, Anton Sudiyanto, You Fanda Prangga Styono... 20-1

UNJUK KERJA *THREADBAR GROUTING* SEBAGAI SISTEM PENYANGGA LUBANG BUKAAN TAMBANG BAWAH TANAH

R. Hariyanto; Indri Lesta Siwidiani; Lukas Danang Wibowo
Prodi Teknik Pertambangan FTM UPN"Veteran" Yogyakarta

ABSTRAK

Kegiatan penggalian pada massa batuan untuk keperluan pembuatan lubang bukaan dalam penambangan bawah tanah dapat mengakibatkan gangguan kesetimbangan gaya pada massa batuan tersebut. Massa batuan yang terganggu kesetimbangan gayanya akan mencapai kesetimbangan gaya yang baru salah satu caranya dengan melepaskan bebannya yaitu dengan keruntuhan. Agar keruntuhan tidak terjadi pada saat massa batuan mencapai kesetimbangan baru perlu dipasang penyangga salah satunya dengan *threadbar grouting*. *Threadbar grouting* adalah salah satu jenis baut batuan yang dipakai untuk sistem penyangga batuan pada penggalian lubang bukaan tambang bawah tanah. Unjuk kerja *threadbar grouting* sebagai sistem perkuatan lubang bukaan tambang bawah tanah akan dipengaruhi oleh lubang bor tempat terpasangnya *threadbar*, spesifikasi *threadbar*, memasang *threadbar*, campuran *grouting*, dan memasukkan *grouting* ke dalam lubang bor. Unjuk kerja *threadbar grouting* akan sesuai dengan fungsinya apabila penerapannya dilakukan dengan baik dan benar, sehingga dapat menghasilkan kekuatan yang sesuai dengan yang diinginkan, dan dapat menstabilkan lubang bukaan tambang bawah tanah.

Kata kunci : penyangga, *threadbar grouting*

A. LATAR BELAKANG

Massa batuan mempunyai kekuatan yang berfungsi untuk mendukung tugas yang disandangnya. Apabila massa batuan tersebut tidak mampu lagi berpenampilan sesuai dengan fungsinya maka massa batuan tersebut akan mengalami keruntuhan. Kekuatan massa batuan mengalami gangguan apabila pada massa batuan tersebut dilakukan penggalian. Penggalian terjadi ketika kegiatan penambangan dilaksanakan. Kegiatan penambangan bawah tanah dilaksanakan dengan membentuk lubang-lubang bukaan bawah tanah. Ketika massa batuan tidak mampu berpenampilan sesuai fungsinya pada saat terbentuk lubang bukaan maka perlu ditambahkan penyangga agar kondisi lubang bukaan tetap stabil. *Threadbar grouting* adalah salah satu jenis baut batuan yang dipakai untuk sistem penyangga batuan pada penggalian lubang bukaan tambang bawah tanah. Unjuk kerja *threadbar grouting* sebagai sistem perkuatan lubang bukaan tambang bawah tanah, selain beban yang bekerja, akan dipengaruhi juga oleh lubang bor tempat terpasangnya *threadbar*, spesifikasi *threadbar*, memasang *threadbar*, campuran *grouting*, dan memasukkan *grouting* ke dalam lubang bor. Unjuk kerja *threadbar grouting* akan sesuai dengan fungsinya apabila penerapannya dilakukan dengan baik dan benar, sehingga dapat menghasilkan kekuatan yang sesuai dengan yang diinginkan, dan dapat menstabilkan lubang bukaan tambang bawah tanah.

B. TUJUAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis unjuk kerja *threadbar grouting* sebagai sistem penyangga lubang bukaan tambang bawah tanah.

C. METODE

Metode penelitian diawali dengan pengumpulan data lapangan (data primer) yaitu peralatan pembuatan lubang *grouting*, *mixing* bahan-bahan *cement grouting*, proses instalasi *threadbar grouting*, dan pengujian *threadbar grouting* menggunakan *pull out test*, uji UCS menggunakan *cylinder sample*, *Vicat test* untuk mendapatkan *setting time* dari campuran *grout*, dan *Water cement ratio* untuk mendapatkan kekentalan ideal dengan penambahan *flow cable* sebanyak 6% dari berat semen. Langkah selanjutnya adalah studi literatur (data sekunder) yang meliputi survei literatur yang berkaitan dengan data yang sudah tersedia dari departemen terkait, data skunder yang dibutuhkan antara lain : Sifat fisik dan mekanik batuan,

klasifikasi massa batuan, deskripsi jenis batuan di lokasi penelitian, bahan pembuat *grouting*, spesifikasi *threadbar grouting* dan spesifikasi peralatan yang digunakan.

D. HASIL

Penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisis unjuk kerja *threadbar grouting* sebagai sistem penyangga lubang bukaan tambang bawah tanah yang dipasang di panel Y pada studi kasus tambang mineral X. Lubang bukaan tambang bawah tanah (*drift*) yang sebagai tempat penelitian mempunyai lebar panel adalah 4,4 m dan tinggi 4 m, dan massa batumannya adalah Diorit. Penerapan *threadbar grouting* sebagai sistem penyangga lubang bukaan tambang bawah tanah perlu diperhatikan antara lain, lubang bor tempat terpasangnya *threadbar*, spesifikasi *threadbar*, memasang *threadbar*, campuran *grouting*, dan memasukkan *grouting* ke dalam lubang bor. Hal ini terkait dengan karakteristik dari massa batuan yang akan menentukan beban massa batuan yang harus disangga oleh *threadbar grouting* yang terpasang.

1. Karakteristik massa batuan

Hasil uji sifat fisik dan sifat mekanik terhadap batuan diorit yang terdapat di lokasi penelitian, serta hasil klasifikasi massa batuan, berturut-turut ditampilkan pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Sifat fisik dan sifat mekanik batuan

Sifat fisik dan sifat mekanik	Besaran
Bobot isi (gr/cm^3)	2,8
Kuat tekan uniaksial (MPa)	111,01
Modulus elastisitas (GPa)	47,30
Noisbah Poisson	0,22
Kohesi (MPa)	11,72
Sudut gesek galam ($^\circ$)	62,50

Tabel 2. Klasifikasi massa batuan (nilai Q)

RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	Nilai-Q	Kelas Batuan
75 %	6	3	1	1	10	3,75	Poor

2. Rancangan *threadbar*

Unjuk kerja *threadbar grouting* yang optimal dapat dicapai dengan mengsinkronkan antara beban batuan dan kekuatan *threadbar grouting*.

a. Tinggi beban massa batuan

Penggalian pada massa batuan yang membentuk lubang bukaan bawah tanah mengakibatkan adanya potensi massa batuan atap untuk bergerak ke bawah. Blok massa batuan ini yang nantinya akan membebani *threadbar grouting* yang dipasang sebagai penyangga. Besarnya beban massa batuan tersebut dapat diestimasi dengan terlebih dahulu menentukan tinggi beban massa batuan. Tinggi beban massa batuan ditentukan berdasarkan pendapat beberapa ahli seperti dituliskan pada tabel 3.

Tabel 3. Tinggi beban massa batuan

Metode	Formula	Pehitungan	Tinggi beban (m)
Deere et al, 1970	$h = 0,5 \times \text{span}$	$h = 0,5 \times 4,4$	2,2
Unal, 1983	$h_t = ((100-\text{RMR})/100) \times B$	$h_t = ((100-55,9)/100) \times 4,4$	1,94
Cording et al, 1971	$h = nB, (0,1 < n < 0,25)$	$h = 0,25 \times 4,4$	1,1

b. Panjang *threadbar*

Panjang *threadbar* yang dibutuhkan terkait dengan tinggi beban massa batuan yang potensial runtuh. Panjang *threadbar* harus lebih besar dari ketebalan/tinggi beban yang kelebihannya tersebut diperlukan untuk mengkaitkan massa batuan yang potensial runtuh ke massa batuan yang stabil. Panjang *threadbar* ditentukan berdasarkan pendapat beberapa ahli seperti dituliskan pada tabel 4.

Tabel 4. Panjang *threadbar*

Metode	Formula	Perhitungan	Panjang <i>threadbar</i> (m)
Barton et al, 1974	$L = ((2+0,15B)/ESR$	$L=((2+0,15 \times 4,4)/1)$	2,66
Coates&Cochrane, 1970	$L = 1/3 B$ $L = 1/2 B$	$L = (1/3) \times 4,4$ $L = (1/2) \times 4,4$	1,47 (atap kuat) 2,20 (atap lemah)
Cemal Biron, 1982	$L = h + 0,5$	$L = 2,2 + 0,5$	2,7
Norwegian institute	$L = 1,4 + 0,184 B$	$L = 1,4 + 0,184(4,4)$	2,1
Lang, 1961	$L = 0,5 B, B < 6$ $L = 0,25 B, B=18-30$	$L = 0,5(4,4)$	2,2

c. Spasi *threadbar*

Spasi *threadbar* meskipun dapat diestimasi berdasarkan pendapat beberapa ahli seperti dituliskan pada tabel 5, tetapi spasi yang diterapkan akan tergantung pada kekuatan *threadbar* yang digunakan.

Tabel 5. Spasi *threadbar*

Metode	Formula	Perhitungan	Spasi <i>threadbar</i> (m)
Unal , 1983	$c = ((cb^{0,5})/(SF\gamma_{ht})^{0,5})$	$c = ((16^{0,5})/(2 \times 2,8 \times 2,2)^{0,5})$	1,14
Coates&Cochrane, 1970	$c = 2/3 L = 2/9 B$	$c = (2/9) \times 4,4$	0,98
Douglas&Arthur, 1983	$c = 0,5 L$	$c = 0,5(2,2)$	1,1
Lang, 1961	$c = 0,5 L$	$c = 0,5(2,2)$	1,1

3. Pemasangan *threadbar*

Tahapan pemasangan *threadbar* pada massa batuan terdiri dari mempersiapkan lubang bor, mempersiapkan perlengkapan *threadbar*, mempersiapkan *mixing & grouting*, dan pemasangan *threadbar*.

a. Mempersiapkan lubang bor

Lubang bor yang dipersiapkan sesuai dengan rekomendasi dari departemen geotek yaitu dengan spasi 1,3 m dan kedalaman 5 m pada bagian *rib*, 6,5m pada bagian *back* dan 6,5 m pada *shoulder*. Diameter dari lubang bor adalah 38 mm dengan peralatan mekanis yang digunakan adalah *Jumbo Drill Axera DD310-40DE* dengan mata bor berukuran 38 mm jenis *botton bit*.

b. Mempersiapkan perlengkapan *threadbar*

1). Batang *threadbar*

Threadbar yang digunakan adalah buatan *Dwidag Sistem International (DSI)*, dengan diameter 20 mm dan panjang 6,5 m untuk bagian *back* dan 5 m pada bagian *rib*. Karena panjangnya *threadbar* melebihi *threadbar* yang tersedia dan faktor dimensi lubang bukaan, maka menggunakan dua *threadbar* yang disambung menjadi satu menggunakan *coupler*. Ultimate strength 20 ton dan yield strength 17 ton.

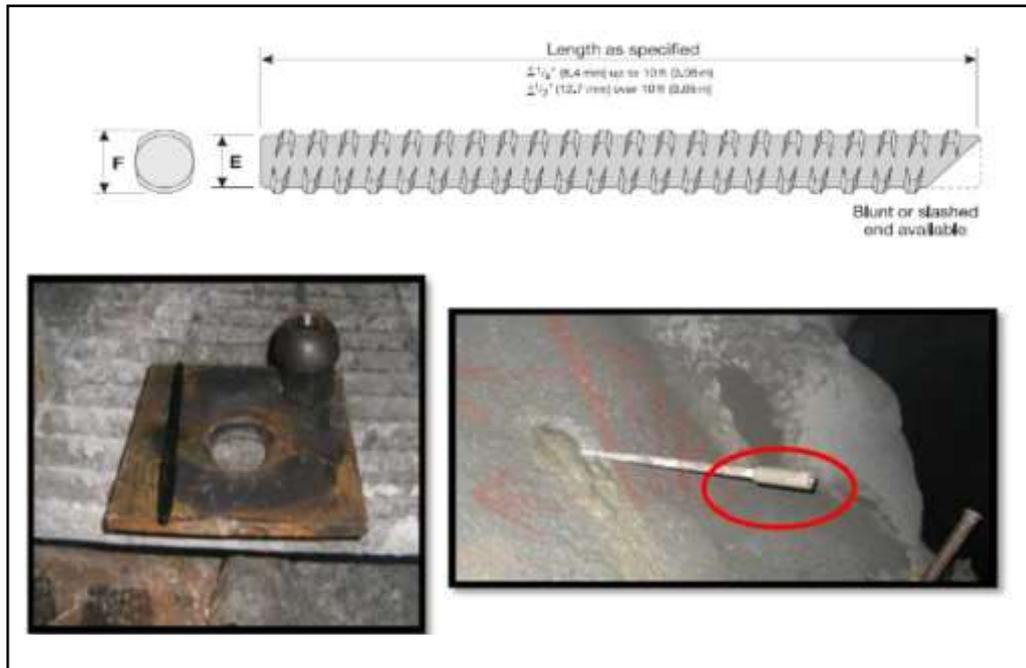
2). *Face Plate* dan *Nut*

Plate yang digunakan adalah buatan *Dwidag Sistem International (DSI)* dengan jenis *domed plate*, dan *nut* yang digunakan adalah tipe *anchornut*. *Face plate* dan *nut* dipasang langsung setelah pemasangan batang *threadbar*, tetapi pengencangan baut di lakukan 3 hari setelah *grouting*.

3). Sambungan (*Coupler*)

Pada beberapa kondisi pemasangan *threadbar* butuh *coupler* atau penyambung hal ini di lakukan untuk memudahkan pemasangan pada kondisi *threadbar* lebih panjang dari *span*, sehingga pemasangan *threadbar* menggunakan 2 batang *threadbar*. Pada daerah penelitian pada bagian *back*

dengan panjang *threadbar* 6,5 m di bagi menjadi 3 m dan 3,5 m sedangkan pada bagian *rib* dengan panjang *threadbar* 5 m dan di bagi menjadi dua bagian dengan panjang 3 m dan 2 m.



Gambar 1. Perlengkapan *threadbar*

c. Mempersiapkan *mixing* dan *grouting*

Mixing dilakukan didaerah yang akan di lakukan *grouting*, sehingga *mixing* akan dilakukan setelah lubang bor selesai di persiapan. Hal ini untuk mencegah terjadinya pembekuan adonan *grout* sebelum dilakukan *grouting*.

GP2000A Grout Pump digunakan untuk mencampurkan *grout* dan memompanya kedalam lubang bor. Pencampuran dan pemompaan akan berlangsung di bagian-bagian mesin yang berbeda, sehingga kualitas campuran dapat dibuat dengan benar sebelum digunakan.

GP2000A *Grout Pump* yang digunakan , digerakkan dengan udara bertekanan. (Model lain yang tersedia digerakkan dengan tenaga hidrolik, mesin diesel atau listrik). Berdasarkan pengalaman menunjukkan bahwa tekanan udara yang baik diperlukan untuk menggerakkan pompa *grout*. Diperlukan tekanan sekitar 7 bar (100 psi) agar pompa bisa bekerja dengan baik. Untuk mendapatkan tekanan ini bisa digunakan *Booster Compressor*.

Gambar 2 menunjukkan foto GP2000A *Grout Pump*. Bagian utama diberi tanda pada gambar tersebut. Bagian-bagian utama tersebut adalah :

- *Mixing Hopper* - tempat dilakukannya pencampuran;
- *Pump Hopper* - tempat penyimpanan *grout* yang telah dicampur untuk dipompa;
- *Pompa* - yang membawa *grout* dari *Pump Hopper* dan memompakannya melalui selang ke lubang bor; dan
- *Power Unit* - tempat kontrol dan motor penggerak.

Mixing Hopper adalah sebuah tanki berbentuk U dengan *Safety Grid* (Kawat Pengaman) dari logam di atasnya. *Safety Grid* tersebut memiliki serangkaian 'gigi' (*teeth*) di bagian tengah, yang dapat digunakan untuk membuka kantong semen. Rangkaian gigi ini disebut '*bag breaker*' - pembuka kantong. Tanki bisa diputar ke arah *Pump Hopper* sehingga campuran *grout* akan masuk ke dalam *Pum Hopper*. Di dalam *Mixing Hopper* terdapat rotor pencampur (*mixing rotor*) dengan beberapa *paddle*.



Gambar 2. Bagian-bagian utama GP2000A grout pump

Rotor diputar oleh motor udara bertekanan di dalam *Power Unit*. Tingkap logam dan karet pada *Paddle* akan mengikis sisi dan ujung *Hopper* sehingga tidak ada timbunan campuran *grout* yang tersisa. *Mixer paddle* bisa berputar hingga 50 rpm.

Pump Hopper digunakan untuk menyimpan campuran *grout* dan untuk memasukkan *grout* ke dalam pompa. *Pump Hopper* memiliki volume yang sama dengan *Mixing Hopper*, dan bisa menahan campuran *grout* sebanyak 100 liter.

Di dasar *Pump Hopper* adalah *Feed Auger*. *Feed Auger* ini mengaduk campuran *grout* dan mendorongnya ke arah inlet Pompa. *Auger* digerakkan oleh motor udara di dalam *Power Unit*. Selanjutnya *auger* memutar *pump rotor*. (*pump rotor* dipasang langsung di ujung *auger*).

Pompa dapat mengirimkan *grout* sekitar 3 liter per menit pada jarak horisontal 40 hingga 50 meter. Pada jarak yang lebih pendek, pompa bisa mengirimkan *grout* 20 hingga 30 meter secara vertikal.

Ada tiga bahan yang digunakan untuk membuat campuran *grout* yaitu : *Portland cement*, air bersih dan bahan perekat *Flow Cable*. Semen dikirimkan dalam kantong ukuran 1.000 kg. *Flow Cable* dikirimkan dalam kantong ukuran 15 kg.

Pengujian *slump* di lapangan dapat dilakukan dengan mengambil campuran *grout* dengan menggunakan tangan dan membalikan telapak tangan, apabila campuran baik maka campuran akan lengket dan tidak jatuh.

d. Pemasangan *Threadbar*

Setelah campuran *grout* dimasukan kedalam lubang bor sampai penuh baru *threadbar* di masukan. Pemasangan *threadbar* biasanya menyisakan *stickout*, *stickout* yang di anjurkan adalah 10 cm. Pemasangan pada bagian *rib* dilakukan secara manual dan pemasangan pada bagian *back* dan *soulder* dilakukan menggunakan bantuan *chet car lift*

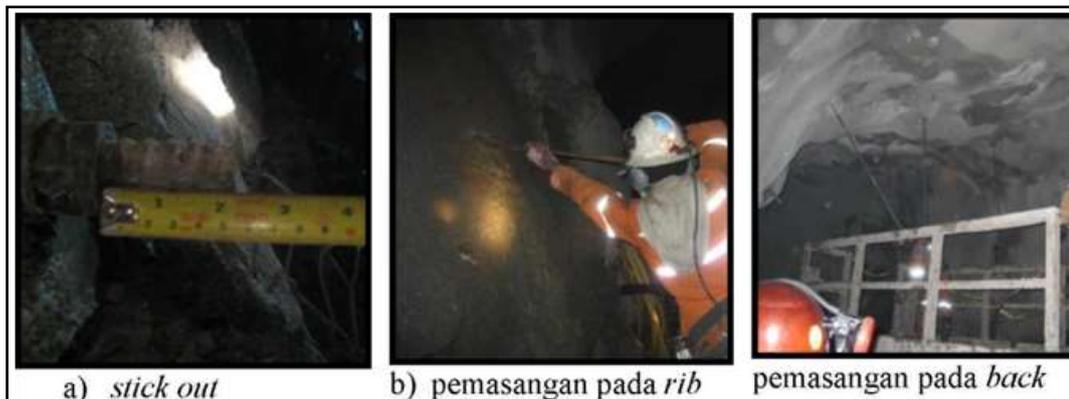
e. Penempatan *threadbar*

Lubang bor untuk penempatan *threadbar grouting* harus berpola. *Design* diajukan oleh department *Geo and Technical Services*. Desain yang direkomendasikan adalah berpola *staggered* atau selang seling dengan spasi 1,3 m x 1,3 m. Tapi dari pengamatan di lapangan pola ini terlihat kurang rapi.

4. Pengujian *grouting cement*

Grouting cement adalah bergabungnya semen, air, dan *flow cable* pada rasio semen dan air adalah 0,35. Pembuatan *grouting cement*, perbandingan antara semen dan air sangat penting untuk mencapai kekuatan yang diinginkan, juga *setting time* yang di butuhkan.

Standart campuran *grouting* yang diterapkan memerlukan bahan seperti tertera pada table 6. hal ini menyebabkan terjadinya kelebihan atau kekurangan pada saat pelaksanaan *grouting*, karena itu perlu juga di ketahui volume lubang bor per meter dengan diameter 38 mm , untuk mencegah terjadinya kelebihan ataupun kekurangan bahan *grouting*.



Gambar 3. Pemasangan *threadbar*



Gambar 4. Pola pemasangan *threadbar*

Tabel 6. Standart campuran grouting cement

Komposisi	Kuantitas
Air	45 kg
Semen	115 kg
Flow cable	7,5 kg
% flow cable	6,5 %
Rasio semen air	0,35

a. Semen

Semen adalah salah satu bagian terpenting dari proses *grouting*. Semen yang digunakan adalah Indocement tipe PPC yang diproduksi oleh PT. Indocement. ukuran dari semen yang tersedia adalah 1 ton per kemasan. Beberapa kelebihan yang dimiliki oleh semen tipe ini adalah sebagai berikut :

- Tahan terhadap air.
- Memiliki ketahanan terhadap sulfat yang cukup tinggi.
- Kuat tekan yang dimiliki cukup baik.

b. Air

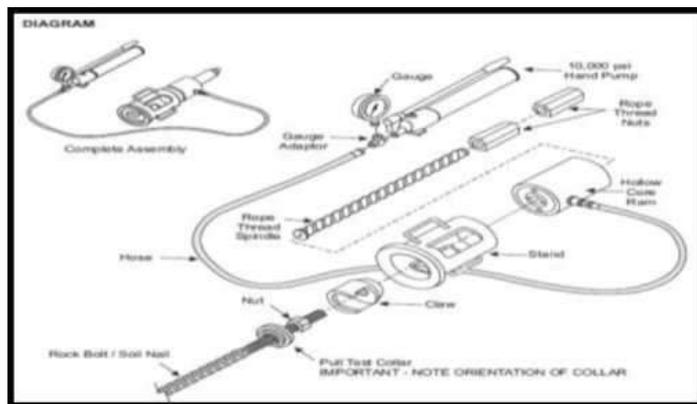
Fungsi air dalam *grouting* adalah untuk mengencerkan semen, jumlah air yang digunakan untuk setiap kilogram semen dapat mempengaruhi kualitas grout. *Water cement ratio* yang dianjurkan dan sesuai standar adalah 0,35.

c. *Flow cable*

Flow Cable adalah bubuk perekat yang ditambahkan kedalam campuran *grout*. campuran *grout* yang terdiri dari air dan semen akan selalu mengalami masalah terhadap kekentalan, penggunaan perekat *flow cable* dapat membuat campuran grout lebih mudah dibentuk. Banyaknya *Flow Cable* yang di campurkan kedalam mixing adalah 6 % dari jumlah semen yang menjadi bahan *mixing*. *Flow cable* yang digunakan merupakan produk dari BASF.

d. *Pull out test*

Proses pengambilan data di lapangan dengan melakukan *pull out* terhadap *threadbar* yang telah terpasang menggunakan pompa tarik yang disebut dengan *Tension Jack/ Pull Test Kit*. Pengambilan data dilakukan secara acak pada 12 *threadbar* yang dipasang pada area penelitian.



Gambar 5. Bagian-bagian *pull out apparatus*

Tabel 7. Hasil pull out test

Threadbar No.	Pump force (tonnes)	Force/length (tonne/m)	Maximum displacement (mm)	Remarks
Threadbar #1	16	1,66	6,95	
Threadbar #2	16	1,67	5,20	
Threadbar #3	16	1,64	5,94	
Threadbar #4	16	1,64	5,63	
Threadbar #5	16	1,64	5,24	
Threadbar #6	16	1,67	4,53	
Threadbar #7	16	1,67	4,53	
Threadbar #8	16	1,66	5,52	
Threadbar #9	16	1,66	5,13	
Threadbar #10	16	1,66	4,78	
Threadbar #11	16	1,64	5,22	
Threadbar #12	16	1,67	4,50	
Average testing result	16	1,66	5,26	All threadbar passed while given 16 tons load

Selain *Tension Jack/ Pull Test Kit* peralatan pendukung yang digunakan dalam uji kuat tarik pada *threadbar* antara lain: meteran dan *Dial gauge*. *Tension Jack/Pull Test Kit* terdiri dari beberapa bagian :

- *Hollow Core Ram* merupakan silinder yang berfungsi sebagai penarik *threadbar* dan bekerja sebagai dongkrak. *Hollow core ram* yang digunakan adalah tipe RCH 302 dengan beban maksimal 20 ton
- Pompa hidrolik berfungsi menyalurkan gaya kepada *hollow core ram* dan dilengkapi dengan manometer untuk mengukur besarnya gaya.
- Nut berfungsi sebagai pengikat *threadbar* agar *hollow core ram* dapat menyalurkan gaya ke *tread bar*.
- *Dial gauge* berfungsi untuk mengukur perpindahan atau besarnya tarikan yang terjadi setelah dilakukan pemompaan.

Berdasarkan *pull out test* yang telah dilakukan di lokasi penelitian didapatkan hasil, perpindahan rata-rata 5,26 mm dengan beban 16 ton (Tabel 7.).

e. Slump test

Fungsi dari *slump test* adalah untuk mengetahui tingkat kekentalan dari campuran *grout* sebelum *grout* tersebut dipompakan ke dalam lubang bor. Pengujian *slump* dilakukan dengan cara mengambil campuran *grout* memakai tangan atau sendok semen kemudian membalikannya.



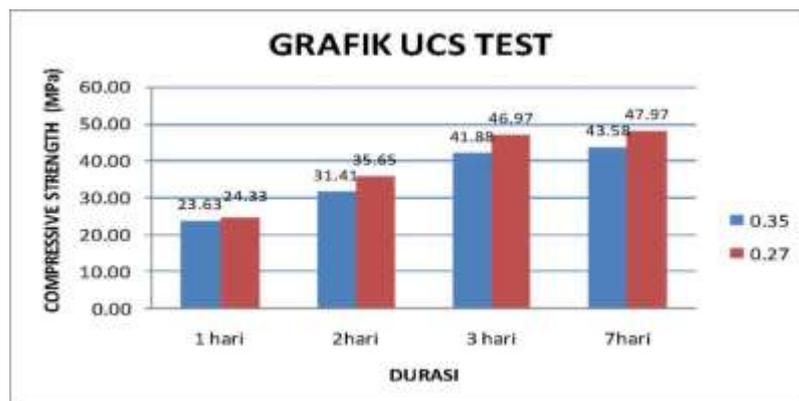
Gambar 6. Slump test

Berdasarkan gambar di atas dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan antara *slump* yang dihasilkan di laboratorium dan di lapangan dengan menggunakan *water cement ratio* yang dianjurkan yaitu 0,35, sehingga perlu dilakukan perubahan agar kualitas campuran *grout* dapat dikontrol.

f. *Uniaxial Compressive Strength* untuk *Grouting* (UCS)

Sampel yang digunakan pada pengujian *cylinder test* berasal dari campuran *grout* yang dibuat khusus untuk percobaan yaitu dengan *water cement ratio* 0,35, tetapi karena dari hasil pengujian *slump* ternyata campuran *grout* terlalu cair dan dari pengujian *slump* didapat *water cement ratio* ideal pada angka 0,27 maka di buat juga *cylinder sample* dengan *water cement ratio* 0,27.

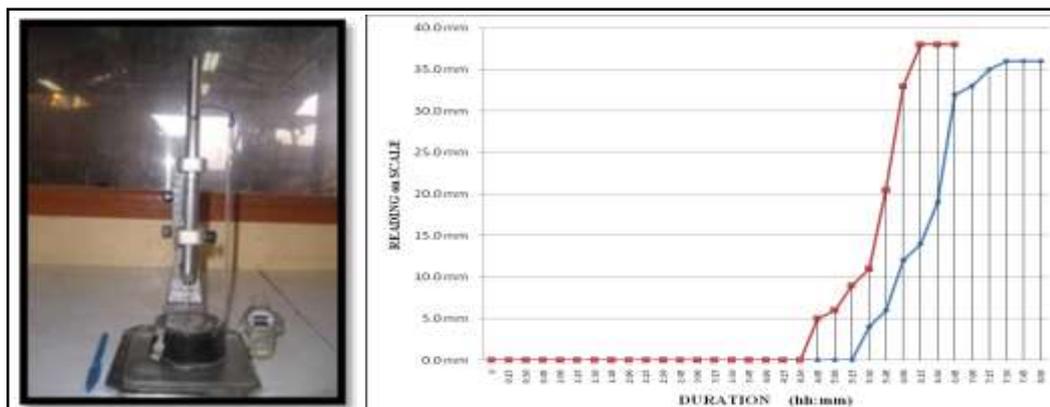
Pengujian UCS *cylinder test* bertujuan untuk menguji dan membandingkan kuat tekan akhir *grout* dengan *water cement ratio* 0,35 dan 0,27 dalam periode waktu tertentu. Pengujian kekuatan *grout* dengan metode ini dilakukan dengan membuat sampel yang berbentuk silinder dengan ukuran 15cm x 30 cm. Pengujian UCS *cylinder sample* di *batch plant* dilakukan pada sampel dengan jeda 1 hari, 2 hari, 3 hari dan 7 hari dari pembuatan.



Gambar 7. Grafik perbandingan nilai kekuatan *grout* dengan *water cement ratio* 0,35 dan 0,27 pada waktu uji 1 hari 2 hari 3 hari dan 7 hari

g. *Vicat Test*

Pengujian *vicat test* adalah untuk mengetahui waktu pengikatan (*setting time*) antara semen dan air dengan menggunakan alat *vicat*. Data hasil pengujian *vicat test* penggunaan *water cement ratio* 0,27 dan 0,35 untuk *grout* dapat dilihat pada gambar 8 untuk *watercement ratio* 0,35 *Innitial Setting Time* terjadi pada menit ke 330, dan *Final Setting Time* terjadi pada menit ke 480. Sedangkan untuk *water cement ratio* 0,27 *Innitial Setting Time* terjadi pada menit ke 285, dan *Final Setting Time* terjadi pada menit ke 405.



Gambar 8. Hasil *Vicat Test*

E. PEMBAHASAN

1. Tinggi masa batuan potensial runtuh

Panel Y yang merupakan tempat dipasangkannya *threadbar* mempunyai dimensi lebar lubang bukaan 4,4 m dan tinggi 4,0 m. Berdasarkan ukuran lebar lubang bukaan dapat ditentukan tinggi massa batuan yang berpotensi runtuh. Tinggi massa batuan yang berpotensi runtuh ditentukan menurut rumusan Deere yaitu sebesar 2,2 m atau 0,5 lebar lubang bukaan, yang kondisi ini merupakan kondisi yang pesimis, karena memberikan ukuran tinggi yang terbesar dari rumusan yang lain (tabel 3). Penentuan tinggi massa batuan potensial runtuh agar dapat menambah kepercayaan akan keamanan maka dengan mengambil nilai faktor keamanan sebesar 2 ditetapkan tinggi massa batuan potensi runtuh adalah 4,4 m.

2. Spasi *Threadbar*

Systematic bolting yang diterapkan pada pemasangan *threadbar*, sehingga spasi *threadbar* akan menentukan besarnya beban yang berpotensi runtuh. Kondisi aktual di lapangan penerapan spasi *threadbar* adalah 1,3 m, dan dengan tinggi batuan potensi runtuh adalah 4,4 m maka, beban batuan potensi runtuh adalah $(1,3^2 \times 4,4 \times 2,8)$, 20,82 ton. Akibatnya apabila hanya *threadbar grouting* saja yang dipasang sebagai perkuatan akan tidak mampu menahan beban yang potensi runtuh, karena hasil dari *pull out test* kemampuannya hanya 16 ton, dengan kekuatan *threadbar* 20 ton. Oleh karena itu kondisi aktual di lapangan perkuatan yang dipasang tidak hanya *threadbar grouting*, tetapi ditambah dengan pemasangan *welded mesh* (F51), *stubby bolt*, dan *fiber shootcrete* dengan ketebalan 100 mm. Apabila hanya *threadbar* saja yang dipasangkan maka spasi *threadbar* harus 1,1 m, seperti yang ditetapkan berdasarkan formula yang ada (tabel 5), sehingga beban batuan hanya 14,91 ton $(1,1^2 \times 4,4 \times 2,8)$ dan akan mampu ditahan oleh *threadbar grouting* yang berkekuatan 16 ton.

3. Panjang *Threadbar*

Threadbar menurut pembebanannya, merupakan perkuatan, maksudnya adalah *threadbar* akan mendapatkan pembebanan setelah ada batuan yang akan runtuh. Berdasarkan formula yang telah dikemukakan, panjang *threadbar* yang dibutuhkan dapat ditentukan, yaitu 2,2 - 2,7 m (tabel 4), dan untuk meningkatkan kepercayaan akan keamanan, diambil faktor keamanan sebesar 2, sehingga panjang *theadbar* adalah 4,4 - 5,4 m. Aktual di lapangan *threadbar* yang dipasang pada bagian atap adalah 6,5 m dan pada bagian dinding 5 m. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi keruntuhan yang dapat terjadi akibat adanya stres yang berlebih dari adanya *cave stop*. Rekomendasi untuk panjang *threadbar* berdasarkan dari pengalaman yang terjadi di panel- panel lain yang mengalami kondisi yang sama.

4. Beban massa batuan

Beban massa batuan yang dimaksud adalah beban massa batuan yang harus disangga oleh *threadbar*, sehingga besarnya beban massa batuan akan tergantung pada spasi *threadbar* yang dipasang. Apabila sistematis *threadbar* dipasang dengan spasi 1,3 m maka beban massa batuan adalah 20,82 ton. Sedangkan apabila sistematis *threadbar* dipasang dengan spasi 1,1 m maka beban massa batuan adalah 14,91 ton. Beban massa batuan ini didasarkan pada bobot isi batuan sebesar 2,8 ton/m³, dan volume batuan potensi runtuh merupakan perkalian antara tinggi massa batuan potensi runtuh 4,4 m dan luas batuan potensi runtuh adalah kuadrat dari spasi *threadbar*.

5. Beban massa batuan yang dapat disangga oleh *threadbar*

Berdasarkan spesifikasinya, *threadbar* yang digunakan adalah *threadbar* produksi *Dwidag Sistem International* (DSI) dengan diameter 20 mm, beban maksimal yang dapat ditanggung oleh *threadbar* adalah 20 ton. Beban massa batuan, berdasarkan tinggi batuan potensi runtuh 4,4 m, yang harus ditanggung oleh *threadbar* akan tergantung pada spasi *threadbar*. Apabila spasi *threadbar* adalah 1,3 m, maka beban massa batuan adalah 20,82 ton. Sedangkan apabila spasi *threadbar* 1,1 m, maka beban massa batuan adalah 14,91 ton. Sehingga beban batuan yang dapat disangga oleh *threadbar* adalah beban batuan yang mempunyai besaran lebih kecil dari 20 ton.

6. *Mix Design Grouting*

Spesifikasi jenis material yang digunakan dalam pencampuran *grouting* adalah sebagai berikut :

a. Semen

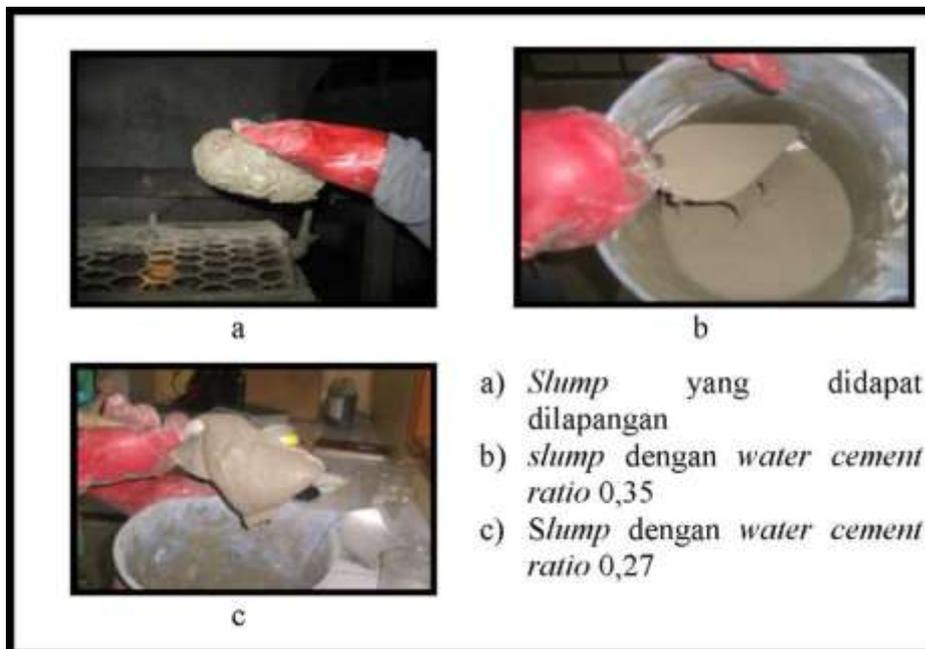
Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada semen Indocement type PCC. Semen merupakan bahan yang mudah rusak bila terkena air atau cairan, maka harus diperhatikan pada saat penanganan dan penyimpanannya agar kualitas semen tidak berubah dan semen tidak rusak. Kondisi di lapangan, semen yang digunakan untuk *grouting* adalah semen dengan kemasan 1 Ton. Besarnya kemasan semen yang digunakan akan mempersulit mobilisasi dan penanganan. Karena apabila semen yang masih tersisa setelah pekerjaan selesai ataupun pergantian *shift*, terkena air, semen akan mengalami pengerasan dan tidak dapat digunakan dan ini menimbulkan pemborosan material.

b. Air

Setelah di lakukan percobaan di laboratorium terjadi perbedaan kondisi *slump* di lapangan dengan hasil percobaan yang menggunakan *water cement ratio* sesuai SOP yaitu 0,35. Di lapangan di dapat kekentalan yang baik sedangkan di laboratorium di dapat hasil yang terlalu cair setelah dilakukan penambahan *flow cable*. Agar kekuatan *grouting* dapat terkontrol maka dilakukan percobaan dan menghasilkan *water cement ratio* ideal untuk *grouting* dengan penambahan *flow cable* adalah 0,27

c. *Flow Cable*

Penggunaan *flow cable* sebanyak 6% sangat berpengaruh pada kekentalan campuran *grout* yang dihasilkan. Karena itu *water cement ratio* yang awalnya adalah 0,35 di turunkan menjadi 0,27 agar mendapatkan campuran *grout* yang lebih baik.



Gambar 9
Perbandingan *slump*

7. Analisa proses pemasangan *threadbar*

Keberhasilan penggunaan *threadbar grouting* juga sangat bergantung pada proses pemasangan. Beberapa hal yang perlu di perhatikan yaitu : pengisian *grout* kedalam lubang bor, penggunaan batang *threadbar* yang bersih, *stick out*, dan penggunaan *face plate* dan *nut*.

a. Kondisi lubang bor

Pemilihan lubang bor dengan diameter 38 mm adalah hasil dari pertimbangan kondisi lubang bukaan. Berdasarkan segi kekuatan semen *grout*, diameter *grout* yang lebih besar lebih baik. Tetapi dari segi geoteknik, dengan diameter lubang yang lebih besar akan mempengaruhi kekuatan struktur batuan disekitarnya jika dibandingkan dengan diameter lubang yang lebih kecil. Berdasarkan perbandingan hasil pengamatan dengan SOP kesalahan yang terjadi proses ini adalah meninggalkan lubang bor yang belum terisi oleh *grout* dan *threadbar* yang membuat lubang bor akan tertutup kembali oleh batuan yang mengalami perubahan tegangan sehingga harus melakukan *redrill*. Hal lain yang sering terjadi juga dalam proses pengeboran adalah lubang bor yang tidak tegak lurus dengan *face* lubang bukaan yang biasanya disebabkan oleh susahnya manufer alat mekanis di area kerja.

b. Pengisian *grout* ke dalam lubang bor

Proses pengisian *grout* kedalam lubang bor yang disarankan adalah lubang bor harus terisi sampai benar-benar penuh, dengan cara memasukkan *delivery hose* sampai ke ujung dalam lubang bor lalu *grout* mulai dipompakan dan *delivery hose* di tarik secara perlahan dan konstan agar semua lubang terisi penuh sampai ke ujung luar lubang bor. Biasanya jika lubang bor terisi dengan baik dan penuh pada saat batang *threadbar* dimasukan akan ada *grout* yang keluar.

c. Kondisi batang *threadbar*

Kebersihan *threadbar* yang digunakan juga harus diperhatikan, karena penggunaan *threadbar* yang kotor akan berpengaruh terhadap kualitas. Misalnya *threadbar* yang terkena oli tidak akan bisa terikat dengan baik oleh *grout* dan akan mengalami kegagalan kerja *grout* atau bahkan terlepas.

d. *Stick out*

Setiap pemasangan *threadbar* harus meninggalkan *stick out* untuk keperluan pemasangan *face plate* dan *nut* serta kebutuhan pengujian *pull out*. *Stick out* yang di anjurkan sesuai dengan SOP adalah kurang dari 10 cm. karena jika *stick out* terlalu panjang akan mengurangi panjang *threadbar* yang masuk kedalam lubang bor dan hal ini juga akan berpengaruh terhadap kekuatan dari *threadbar*.

e. Penggunaan *face plate* dan *nut*

Penggunaan *face plate* dan *nut* dalam penyanggaan *threadbar* sangat penting. Karena *face plate* berfungsi untuk menerima beban dalam luasan tertentu pada saat terjadi pembebanan pada penyanggaan *threadbar*. *Nut* berfungsi untuk mengikatkan *face plate* terhadap batang *threadbar* sampai *face palte* menempel pada batuan, sehingga pada saat terjadi pembebanan sistem *threadbar* langsung bekerja dan memberikan reaksi terhadap gaya tanpa adanya pergeseran terlebih dahulu.

8. Analisis pengujian kekuatan *grouting* menggunakan *uniaxial compressive strength* dengan *cylinder sample*

Pengencangan *nut* dilakukan pada hari ke tiga dikarenakan jika dikencangkan langsung maka *grout* yang belum keras akan ikut berputar akibat proses pengencangan, dan *grout* akan mengalami kegagalan atau tidak memiliki kekuatan yang baik. Sedangkan pada hari ketiga kekuatan *grout* sudah mencapai 46,97 (MPa dengan *water cement ratio* 0,27) maka *grout* sudah cukup kuat untuk menerima gaya dari proses pengencangan *nut*. Berdasarkan hasil percobaan, dengan penambahan *flow cable* sebanyak 6% dari berat semen didapat *water cement ratio* ideal 0,27 maka perlu juga di lakukan perbandingan *uniaxial compressive strength* antara adonan *grout* dengan *water cement ratio* 0,35 dan 0,27. Standard yang di miliki adalah 40 MPa dalam 28 hari, dari gambar 7 terlihat bahwa untuk mencapai kekuatan 40 MPa dibutuhkan waktu 3 hari dengan *water cement ratio* yang digunakan adalah 0,27 juga didapat kekentalan ideal yang sesuai dengan spesifikasi *grout pump* GP2000A. Dengan *water cement ratio* 0,27 juga akan diperoleh waktu pengikatan antara semen dan air lebih cepat dibandingkan dengan *water cement ratio* 0,35 (gambar 8).

9. Analisis perpindahan yang terjadi pada *pull out test*

Pull out test dilakukan untuk mengetahui kualitas *grouting*, apakah pengikatan *grout* terhadap batuan dan batang *threadbar* sudah memenuhi standar beban yang di perkirakan akan membebani

satu sistem *threadbar grouting*. Pengujian dalam keadaan normal biasanya dilakukan dengan beban maksimal 18 ton. Dasar pembebanan 18 ton adalah *Ultimate Strength* dari *threadbar* dengan diameter 20 mm adalah 200 kN. Pengujian terhadap sampel yang ada dilokasi penelitian dilakukan dengan pembebanan 16 ton. Apabila *threadbar* tercabut atau mengalami pergeseran yang cukup banyak (diatas 10 mm) berarti ada masalah dengan kualitas *grouting*. Berdasarkan hasil *pull out test* yang dilakukan *displacement* yang terjadi rata rata adalah 5,26 mm. *Displacement* yang dimaksud terjadi disini bukanlah pergerakan dari batang *threadbar* tetapi pergerakan dari *hollow core ram* yang diukur terhadap *plate*. Dari pengujian *pull out* diharapkan kekuatan *grout* mampu mengimbangi kemampuan *threadbar*, dengan tidak mengalami kerusakan sampai beban 20 ton (sesuai kemampuan *threadbar*).

10. Analisis interaksi penyangga *threadbar* - massa batuan

Massa batuan yang diperkirakan akan membebani *threadbar* adalah 14,91 ton dengan kemampuan sanga tiap *threadbar* adalah 20 ton, dan dari hasil pengujian *pull out*, *threadbar grouting* mampu menahan beban sampai dengan 16 ton tanpa mengalami kerusakan. Berdasarkan data diatas dapat disimpulkan, apabila pengerjaan pemasangan *threadbar grouting* mulai dari mempersiapkan lubang bor sampai dengan pengencangan *nut*, dilakukan dengan benar akan mampu memberikan daya dukung yang baik.

F. KESIMPULAN

1. Tinggi dan beban massa batuan runtuh 4,4 m dan 14,91 ton; spasi dan panjang *threadbar* 1,1 m dan 6,5 m, dengan kekuatan *threadbar* 20 ton dan *pull out test* 16 ton.
2. Penambahan *flow cable* sebanyak 6% dari berat semen pada campuran *grout* dengan *water cement ratio* 0,35 didapat hasil campuran yang terlalu encer.
3. Hasil pengujian *uniaxial compressive strength cylinder sample* didapatkan hasil campuran *grout* dengan *water cement ratio* 0,27 lebih baik, kekuatan yang didapat sebagai berikut : 1 hari : 24,33 MPa, 2 hari : 35,65MPa, 3 hari : 46,97 MPa, 7 hari : 47,97 MPa.
4. Hasil pengujian *vicat test* terhadap campuran *grout* didapat hasil lebih baik dengan *water cement ratio* 0,27, hasil pengujian sebagai berikut: *initialsetting time*: 285 menit dan *finalsetting time*: 405 menit
5. Hasil pengujian *slump*, kekentalan yang baik didapat pada *water cement ratio* 0,27
6. Hasil *pull out test* perpindahan rata-rata adalah 5,26 mm yang berarti kualitas *grouting* baik, dengan kekuatan 16 ton dan mampu menahan beban massa batuan sebesar 14,91 ton.

G. DAFTAR PUSTAKA

1. Bieniawski, ZT., 1989, *Engineering Rock Mass Classifications*, Mining and Mineral Resources Research Institute, The Pennsylvania State University, John Wiley & Sons, Inc., New York.
2. Bieniawski, ZT., 1984, *Rock Mechanics Design in Mining and Tunneling*, Mining and Mineral Resources Research Institute, The Pennsylvania State University, John Wiley & Sons, Inc., New York.
3. Biron, Cemal., 1983, *Design of Support in Mines*, Mining and Mineral Resources Research Institute, The Pennsylvania State University, John Wiley & Sons, Inc., New York.
4. Bengt Stillborg, 1986, *Professional Users Handbook for Rock Bolting*, Trans Tech Publications.
5. Brady, BHG., Brown, ET., 1985, *Rock Mechanics for Underground Mining*, George Allen & Unwin (Publishers) Ltd., 40 Moseum Street, London WC1A 1LU, UK.
6. Brown, ET., Hoek, E., 1980, *Underground Excavations in Rock*, The Institution of Mining and Metallurgy, London .
7. Bawden, WF., Kaiser, PK., Hoek, E., 1995, *Support of Underground Excavations in Hard Rock*, AA Balkema, Rotterdam, Brookfield.

