

ANALISIS KEMAMPUGARUAN MASSA BATUAN BERDASARKAN METODE GRADING PADA TAMBANG BATUPASIR KECAMATAN SAMARINDA SEBERANG SAMARINDA KALIMANTAN TIMUR

(Rippability Analysis Of Rock Mass Based On Grading Method On Sandstone Mine At District Samarinda, East Kalimantan Province)

Fitri Nur Fadilah, Shalaho Dina Devy, Hamzah Umar

Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Samarinda

Abstrak

Faktor-faktor yang mempengaruhi kemampugaruan adalah tipe batuan, kekuatan batuan, abrasivitas, tingkat pelapukan, struktur batuan, densitas material, kemas batuan, kecepatan gelombang seismik, topografi, dan bidang perlapisan dan batas pelapukan batuan. Penelitian dilakukan dengan pengambilan sampel *sandstone* yang merupakan batuan yang sedang di tambang pada lokasi penelitian. Setelah didapatkan nilai nilai kuat tekan dengan uji UCS, kecepatan gelombang seismic dari sampel batuan yang di uji serta kondisi dan spasi kekar dari lokasi penelitian, penulis memberi rating berdasarkan klasifikasi massa batuan dan menganalisis tingkat kemampugaruan batuan dengan menggunakan tabel klasifikasi massa batuan *Weaver* (1975). Nilai kuat tekan untuk sampel uji laboratorium 10,35 Mpa. dengan nilai kecepatan gelombang seismik 1609,532 m/s. Sedangkan spasi kekar rata-rata pada lokasi penelitian adalah 0,54 meter. Dari hasil penelitian dan hasil analisis dengan menggunakan metode grading berdasarkan klasifikasi massa batuan dan analisis kemampugaruan usulan *Weaver* (1975) dapat disimpulkan bahwa material batupasir yang ditambang merupakan material yang sangat sulit untuk digaru, jadi apabila dilakukan suatu pembongkaran batuan perlu dilakukan penggaruan dengan menggunakan tractor D9/D8.

Kata Kunci: Kemampugaruan, Klasifikasi Massa Batuan, *Weaver*

Abstract

Material factors affecting rippability are rock type, strength, abrasiveness, degree of weathering, rock structure, material density, rock fabric, seismic velocity, topography, bedding plane and boundary of weathered rock. The research was conducted through sandstone sampling, which is the rock that was mined at the research site. After the values of the compressive strength by UCS test along with seismic wave velocity, spaces and the condition of rock samples were obtained, the author gives ratings based on rock mass classification and analyses the rippability of rocks by using the rock mass table classification by Weaver (1975). The compressive strength of sample of the laboratory test is 10,35 Mpa, where the seismic wave velocity is 1609,532 m/s, while the average of joints spacing on research site is 0,54 m. From the research and analysis output using the method of grading is based on rock mass classification and rippability analysis, proposed by Weaver (1975), concluded that the sandstone material that is mined is a material that is very difficult to be ripped, therefore, if carried out an excavation of rock it is necessary to ripping by using tractor D9/D8.

Keywords: *rippability, Rock Mass Classification, Weaver*

PENDAHULUAN

Kemampugaruan merupakan suatu ukuran apakah suatu massa batuan mudah digaru atau sulit digaru. suatu massa batuan memiliki tingkat kemampugaruan tertentu, dari *easy ripping* sampai *extremely difficult* untuk digaru sehingga perlu untuk melakukan peledakan. Lebih dari 40 tahun telah banyak penelitian dilakukan untuk mengembangkan metode yang dapat memperkirakan kemampugaruan suatu batuan.

Untuk menentukan tingkat kemampugaruan suatu massa batuan dapat dilakukan dengan beberapa metode salah satunya metode grading

yang dilakukan secara langsung di lapangan maupun uji laboratorium, dengan menggunakan hubungan nilai total pembobotan klasifikasi massa batuan yang mana ada beberapa parameter yang akan mempengaruhi nilai pembobotan seperti nilai kekuatan batuan, kecepatan gelombang seismik, spasi kekar, tingkat pelapukan, kemenerusan dari kekar yang digunakan untuk mengetahui kualitas dari conto batuan. Nilai-nilai dari parameter tersebut akan memiliki nilai rating tertentu sehingga dari jumlah rating yang ada dapat disimpulkan tingkat kemampugaruan untuk proses pembongkaran massa batuan.

Proses penggaruan tidak dapat dilakukan sepenuhnya pada semua batuan dikarenakan sifat batuan yang memiliki kekerasan yang berbeda, olehkarena itu perlu dilakukan analisa kemampugaruan batuan yang dapat menentukan cara efektif pembongkaran batuan yang sesuai di wilayah penyebaran batuan tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah Menganalisis nilai kuat tekan batuan pada lokasi penelitian. Menganalisis nilai kecepatan gelombang seismik menggunakan persamaan *karpuz*. Menganalisis kelas batuan yang di teliti menggunakan tabel klasifikasi massa batuan *Weaver*, 1975. Menganalisis tingkat kemampugaruan (*rippability*) batuan pada lokasi penelitian berdasarkan metode grading menggunakan tabel klasifikasi massa batuan dan kemampugaruan *Weaver*, 1975.

Penelitian ini dilakukan di penambangan bahan galian batupasir yang telah mendapat izin dari Badan Pelayanan Perizinan Terpadu Satu Pintu Kota Samarinda no 03/012/SK-BPPTSP/C/IV/2014. Lokasi penambangan batupasir ini secara administratif terletak di JL H.A.M Rifaddin, Kecamatan Samarinda Seberang, Kota Samarinda, Kalimantan Timur. Lereng penambangan terletak di sebelah barat jalan poros utama Samarinda – Balikpapan. Untuk sampai ke lokasi penelitian dari Samarinda kota dapat ditempuh dengan menggunakan mobil maupun motor selama sekitar ± 15 menit.

Geologi Regional

Berdasarkan peta geologi lembaran samarinda, kota Samarinda tersusun dari beberapa formasi batuan seperti aluvium, formasi kampungbaru, formasi Balikpapan, formasi pulau balang, formasi bebuluh, serta formasi pamaluan. Dari masing – masing formasi terbentuk pada zaman yang berbeda serta memiliki karakteristik batuan penyusun berbeda – beda pula (S. Supriatna Dkk, 1995).

Batuan

Definisi secara umum batuan adalah campuran dari satu atau lebih mineral yang berbeda, tidak mempunyai komposisi kimia tetap. Tetapi batuan tidak sama dengan tanah. Tanah dikenal sebagai material yang mobile, rapuh dan letaknya dekat dengan permukaan tanah. Sedangkan menurut Ahli Geoteknik istilah batuan hanya untuk formasi yang keras dan padat dari kulit bumi yang merupakan suatu bahan yang keras tidak dapat digali dengan cara biasa misalnya dengan cangkul (Rai dkk, 2013).

Sifat Batuan

Batuan mempunyai sifat-sifat tertentu yang perlu diketahui dalam mekanika batuan dan

dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu sifat fisik batuan dan sifat mekanik (Rai, 1988).

Penentuan Sifat Fisik Batuan

Jenis Pengujian Sifat Fisik batuan yang umumnya dilakukan di laboratorium diantaranya *natural density* (γ_n), *dry density* (γ_d), *saturated density* (γ_s), *true specific gravity*, *natural water content* (ω_n), *saturated water content* (ω_s), *degree of saturation* (S), *porosity* (n), *void ratio* (Rai, 1988).

Penentuan Sifat Mekanik Batuan

Pengujian kuat tekan menggunakan mesin tekan (*compression machine*) untuk menekan perconto batu yang berbentuk silinder, balok atau prisma dari satu arah (uniaxial) (Rai, 1988).

Kuat tekan uniaksial adalah gambaran dari nilai tegangan maksimum yang dapat ditanggung sebuah contoh batuan sesaat sebelum contoh tersebut hancur (*failure*) tanpa adanya pengaruh dari tegangan pemampatan (tegangan pemanpatan sama dengan nol). Untuk perhitungan kuat tekan uniaksial dapat dilihat pada persamaan 1 (Rai dkk, 2013).

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (1)$$

- dengan :
- σ = Kuat tekan uniaksial batuan (Mpa)
- F = Gaya yang berkerja pada saat conto batu hancur (KN)
- A = Luas penampang conto batuan

Menurut ISRM (1981) dalam Rai dkk (2013) pesyaratan kualitas conto batu uji untuk uji UCS sebaiknya diameter contoh batu uji paling tidak berukuran tidak kurang dari ukuran NX, kurang lebih 54mm. Sebuah persamaan efek skala untuk kuat tekan juga dibuat oleh Hoek & Brown (1980) untuk contoh batuan sampai ukuran diameter 200 mm tetapi dinormalisasikan ke ukuran 50mm. Hoek & Brown(1980) membuat persamaan hubungan nilai σ_c pada ukuran diameter conto batuan 50mm seperti ditunjukkan pada persamaan (2)

$$\sigma_{cd} = \sigma_{c50} \left(\frac{50}{d}\right)^{0,18} \dots\dots\dots (2)$$

Perbandingan antara tinggi dan diameter perconto (l/d) mempengaruhi nilai kuat tekan batuan. Untuk perbandingan l/d = 1 kondisi tegangan triaxial saling bertemu sehingga akan memperbesar nilai kuat tekan batuan. Untuk pengujian kuat tekan digunakan ukuran sampel $2 < l/d < 2.5$ (Rai dkk, 2013).

Berdasarkan SNI no 2825 tahun 2008 nilai kuat tekan benda uji diameternya berkisar antara 2,0 s.d. 2,5 perlu dikoreksi dengan rumus

$$\sigma_c = \frac{\sigma}{0,88 + (0,24 \frac{D}{H})} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan :

- σ_c = Kuat tekan uniaksial batuan terkoreksi (Mpa)
 σ = Kuat tekan uniaksial batuan belum terkoreksi (Mpa)
 D = Diameter sampel batuan
 H = Tinggi sampel batuan

Kemampugaruan dan Faktor yang Mempengaruhi

Kemampugaruan (*rippability*) merupakan ukuran tingkat kemudahan suatu batuan untuk digaru diperoleh dari studi lapangan, geologi maupun geoteknik. Banyak ilmuwan yang mengusulkan sistem klasifikasi kemampugaruan dengan ragam metode dan parameter yang digunakan. Meskipun begitu, para peneliti setuju bahwa kekuatan batuan dan karakteristik diskontinu memiliki peranan yang penting dalam menentukan metode penggalian. Pengaruh sifat batuan tidak hanya digunakan pada pemilihan alat yang sesuai namun juga pada tahap operasi. Faktor-faktor yang mempengaruhi kemampugaruan, yaitu Tipe batuan, Kekuatan batuan, Tingkat pelapukan batuan, Abrasivitas, Topografi, Densitas batuan, Kecepatan gelombang seismik, Struktur geologi, Kemas batuan, Bidang perlipisan (Anonym, 1998)

Metode Analisis Kemampugaruan

Suatu pekerjaan yang hubungannya dengan penggalian biasanya mengembangkan dan menerapkan metode-metode sistematis yang biasa digunakan dalam klasifikasi massa batuan. Metode-metode ini banyak digunakan oleh para peneliti dalam menentukan kemampugaruan batuan yang dikelompokkan menjadi dua, yaitu Metode langsung dan Metode tak langsung (Anonym, 1998).

Metode Langsung

Metode ini dilakukan dengan uji coba di lapangan secara langsung dengan mesin ripper. Metode ini dilakukan untuk evaluasi hasil penggaruan aktual pada massa batuan tertentu.

Metode Tak Langsung

Jika dengan uji coba langsung dilapangan tidak dapat dilakukan maka metode tak langsung dapat menjadi alternative untuk penentuan kemampugaruannya. Metode tak langsung terdiri dari tiga yaitu (Anonym, 1998) :

- Metode aproksimasi berdasarkan kecepatan gelombang seismik
- Metode gralis

- Metode grading (penilaian terhadap parameter batuan yang diukur).

Kemampugaruan Metode Grading

Kemampugaruan ataupun kemampugaruan batuan metode *grading* didasarkan pada sifat geomekanik batuan seperti diskontinuitas tingkat pelapukan, ukuran butir dan kekuatan batuan tergantung pada nilai dari sifat-sifat geomekaniknya seperti kekar, pelapukan, ukuran butir dan kekuatan massa batuan. Berdasarkan faktor-faktor inilah, sifat massa batuan diberi nilai (bobot) untuk estimasi kemampugaruan. Pentingnya beberapa parameter tertentu yang digunakan dalam sistem klasifikasi ini berbeda tiap peneliti (Anonym, 1998).

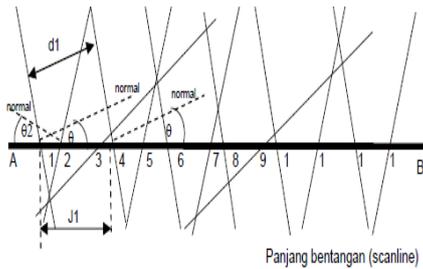
Tabel 1. Klasifikasi massa batuan *Weaver* (1975)

Rock Mass	I	II	III	VI	V
Description	Very Good Rock	Good Rock	Fair Rock	Poor Rock	Very Poor Rock
Seismic Velocity (m/s)	>2150	2150-1850	1850-1500	1500-1200	1200-450
Rating	26	24	20	12	5
Rock Hardness	Extremely Hard Rock	Very Hard Rock	Hard Rock	Soft Rock	Very Soft Rock
Rating	10	5	2	1	0
Rock Weathering	Unweathered	Slightly Weathered	Weathered	Highly Weathered	Completely Weathered
Rating	9	7	5	3	1
Discontinuity Spacing (mm)	>3000	3000-1000	1000-300	300-50	<50
Rating	30	25	20	10	5
Discontinuity continuity	Non Continuous	Slightly Continuous	Continuous - no Gouge	Continuous some Gouge	Continuous with Gouge
Rating	5	5	3	0	0
Joint Gouge	No Separation	Slightly Separation	Separation < 1mm	Gouge < 5mm	Gouge > 5mm
Rating	5	5	4	3	1
Strike Dip and Orientation *	Very Unfavourable	Unfavourable	Slightly Unfavourable	Favourable	Very Favourable
Rating	15	13	10	5	3

Weaver (1975) merancang kemampugaruan berdasarkan sistem geomekanik yang dirancang oleh Bieniawski. Namun , kondisi air tanah yang diabaikan dan kecepatan seismik yang digunakan sebagai pengganti RQD . Dengan menggunakan indeks dan angka-angka yang menggambarkan kondisi yang berbeda-beda, indeks total akan dihitung dan metode penggalian ditentukan. untuk nilai pembobotan berdasarkan klasifikasi massa batuan dengan kemampugaruan menurut *Weaver* (1975) dalam ISRM (2013) dapat dilihat pada Tabel 1.

Spasi Kekar

Pengukuran jarak kekar dimulai dengan membentangkan tali sepanjang muka bidang massa batuan yang akan diukur dengan arah kemiringan (α_s) dan kemiringan (β_s) tertentu. Selanjutnya dengan pita ukur ditentukan posisi kekar-kekar yang berpotongan dengan garis bentangan. Jarak yang diukur ini disebut jarak semu kekar. Jarak semu ini akan menjadi jarak duga atau sebenarnya bila semua kekar yang ditemukan berpotongan dengan garis bentang secara tegak lurus. (Rai dkk, 2013)



Gambar 1. Pengukuran jarak antar bidang kekar pada scanline

Pada kenyataannya dilapangan, garis bentang ini tidak akan tegak lurus terhadap semua bidang kekar sehingga akan timbul bias orientasi. Dengan memperhatikan Gambar 2.2 sudut tajam antara normal dengan sebuah bidang kekar dan garis bentang adalah θ_1 . Jarak duga kekar ($d_{i,i+1}$) dapat dihitung dari jarak semu kekar ($J_{i,i+1}$), yang diukur antara titik perpotongan bidang-bidang kekar terhadap garis bentang melalui persamaan (4). Perhitungan jarak sebenarnya antar bidang kekar dihitung dengan persamaan (5) sampai persamaan (7) (Rai, dkk, 2013).

$$d_{i,i+1} = J_{i,i+1} \cos \frac{(\theta_i + \theta_{i+1})}{2} \dots\dots\dots(4)$$

$$\cos \theta = |\cos (\alpha_n - \alpha_s) \cos \beta_n \cos \beta_s + \sin \beta_n \sin \beta_s| \dots\dots\dots(5)$$

$$\begin{aligned} \alpha_d < 180, \alpha_n &= \alpha_d + 180 \\ \alpha_d > 180, \alpha_n &= \alpha_d - 180 \\ \beta_s &= 90 - \beta_d \end{aligned}$$

- keterangan :
- $d(i,i+1)$ = jarak sebenarnya antara 2 kekar yang berurutan dalam satu (m)
 - $J(i,i+1)$ = jarak semu antara 2 kekar yang berurutan dalam satu set (m)
 - θ = sudut normal
 - α_n = arah dip dari garis normal
 - α_d = arah dip dari kekar (dalam gambar ditunjukkan dengan α_f)
 - α_s = arah dip dari scanline
 - β_n = dip dari garis normal
 - β_d = dip dari kekar (dalam gambar ditunjukkan dengan β_f)
 - β_s = sudut kemiringan scanline

Selanjutnya jarak rata-rata antar bidang kekar pada set A dihitung dengan persamaan (6)

$$dswA = \frac{\sum_{i=1}^m dswA_{i,i+1} \cos (\theta_{i,i+1})}{k} \dots\dots\dots(6)$$

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 (7);

$$dsw = \frac{\sum_{i=1}^m dsw_m}{m} \dots\dots\dots(7)$$

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

METODOLOGI

Tahap Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu tahap pra lapangan tahap penelitian lapangan dan tahap pasca lapangan.

Tahap Pra Lapangan

Pada tahap pra lapangan ini hal-hal yang dilakukan antara lain:

1. Studi Literatur
 Bertujuan untuk mencari informasi yang berkaitan dengan kemampugaruan, pengujian kuat tekan serta kemampugaruan berdasarkan hubungan klasifikasi batuan terhadap kemampugalian.

2. Pengamatan Lapangan
 Meliputi pengamatan terhadap lokasi penelitian, jenis batuan serta formasi batuan didaerah penelitian.

Tahap Penelitian Lapangan

Tahap ini ditujukan untuk memperoleh data langsung pada lokasi penelitian yang akan dianalisis. Pengambilan data lapangan meliputi :

1. Pengukuran Bidang Diskontinu
 Pengukuran bidang diskontinu dilakukan dengan menggunakan metode *scanline* ,yaitu dengan mengukur *dip direction*, *strike* dan *dip* dari setiap bidang diskontinu sepanjang garis *scanline*. Selain itu juga dilakukan pengamatan kondisi bidang diskontinu menggunakan parameter *weaver* untuk menentukan klasifikasi masing-masing massa batuan tersebut.

2. Pengambilan Sampel Batuan Untuk Uji Laboratorium

Sampel yang diperoleh merupakan hasil pemboran dari bongkah batuan pada lokasi penelitian yang di lakukan dengan menggunakan

mesin bor *portable* yang memiliki bentuk silinder. Sampel yang telah diperoleh kemudian dipotong dengan menggunakan gerinda statis dengan dimensi yaitu panjang 2 kali diameter sampel batuan hasil pemboran.

Tahap pengujian laboratorium

Tahap ini dilakukan di laboratorium. Tahap ini diiringi dengan studi pustaka, studi literatur dan diskusi dengan dosen pembimbing. Pengujian yang akan dilakukan di laboratorium meliputi:

1. Uji sifat fisik

Pengujian sifat fisik dilakukan terhadap beberapa conto batuan pada masing-masing lokasi. conto yang di uji ditimbang ± 50 gram untuk mendapatkan berat naturalnya (W_n), kemudian conto dimasukkan kedalam oven selama ± 24 jam dengan suhu $\geq 110^0$ C, conto batuan yang sudah dingin ditimbang dan didapatkan berat kering sebagai (W_o), setelah itu conto direndam kedalam air hingga menutupi seluruh permukaan conto selama ± 24 jam untuk mendapatkan berat jenuhnya (W_w), untuk mendapatkan berat jenuh tergantungnya (W_s) contoh digantung di dalam air menggunakan tali lalu ditimbang. Dengan parameter W_n , W_o , W_w , dan W_s yang telah ada selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mengetahui kadar air, bobot isi, porositas dan sifat fisik lainnya.

2. Uji kuat tekan Batuan

Pada tahap ini batuan sampel yang telah disiapkan dengan dimensi yang telah ditentukan dengan standar yang akan diuji. Pada pengujian didapatkan nilai dari pembacaan manometer kuat tekan Mortar persampel, kemudian dilakukan perhitungan kuat tekan sesuai dengan rumus perhitungan kuat tekan yang telah dijelaskan dalam dasar teori.

Tahap Analisis Data

Analisis data dilakukan didapat dari pengujian kuat tekan dan perhitungan kecepatan gelombang seismik dari sampel-sampel batuan yang akan diuji.

1. Uji sifat fisik sampel batuan untuk mendapatkan nilai sifat fisik dari masing-masing sampel batuan yang diuji.
2. Uji *unconfined compressive strength test* untuk mendapatkan nilai kuat tekan dari masing-masing sampel batuan yang diuji.
3. Perhitungan kecepatan gelombang seismik dari masing-masing sampel batuan.
4. Penentuan nilai klasifikasi massa batuan yang diuji dengan menggunakan tabel kemampuan *weaver, 1975*.

5. Penentuan kelas kemampuan dengan menggunakan tabel kemampuan *weaver, 1975*
6. Penentuan rekomendasi alat *ripper* yang tepat dan efektif.

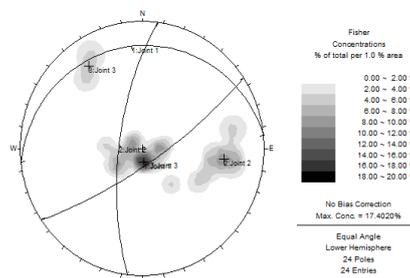
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan Data Lapangan

Penelitian ini melakukan pengambilan data dilapangan berupa hammer Tes untuk mendapatkan nilai kekerasan batuan serta dan pengukuran bidang diskontinu.

Bidang Diskontinu

Dalam tabel klasifikasi kemampuan *Weaver (1975)* yang digunakan dalam analisis penelitian ini salah satu faktor utama yang mempengaruhi perilaku massa batuan adalah struktur seperti kekar. Parameter kekar yang harus diukur hubungannya dengan pengaruhnya terhadap kemampuan batuan antara lain orientasi kekar, spasi, kemenerusan dan material pengisi. Data kekar yang di dapat dilapangan kemudian di proyeksikan untuk mendapatkan jumlah joint set pada lokasi pengukuran menggunakan bantuan aplikasi DIPS dan didapatkan 3 joint set.



Gambar 2. Data hasil proyeksi pada aplikasi DIPS

Setelah diperoleh jumlah joint pada lokasi penelitian selanjutnya dilakukan perhitungan spasi kekar. Pengukuran spasi kekar dilakukan pada kekar-kekar dalam joint set yang sama. Dari hasil perhitungan didapatkan jarak rata-rata antar kekar keseluruhan sebesar 0,54 meter.

Pengujian Laboratorium

Selain pengujian dilapangan, penelitian ini juga melakukan pengujian laboratorium berupa uji sifat fisik serta uji sifat mekanik berupa uji kuat tekan batuan

Pengujian *Unconfined Compressive Strength Test*

Pengujian *uniaxial compressive strength test* dilakukan untuk mendapatkan nilai kuat

tekan dari setiap sampel batuan. Adapun nilai dari hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian kuat tekan

NO	Tinggi	Diameter	Luas permukaan	F	UCS (σ)		σ Terkoreksi	UCS (σ_{d50})
	m	m	m ²		KN	KN/m ²		
SS1	0,220	0,098	0,0074692	50	6694,161	6,694	6,787	7,661
SS3	0,210	0,098	0,0075460	70	9276,438	9,276	9,351	10,555
SS2	0,215	0,097	0,0073928	55	7439,685	7,440	7,528	8,482
SS4	0,203	0,098	0,0075460	80	10601,643	10,602	10,646	12,017

Kecepatan Gelombang Seismik

Kecepatan gelombang seismik merupakan salah satu parameter penentu kemampugaran batuan, dalam penelitian ini nilai kecepatan gelombang seismik di dapatkan dengan mengkonversi nilai UCS menjadi nilai kecepatan gelombang seismik menggunakan persamaan Karpuz.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kecepatan Gelombang

No Sampel	UCS (σ_{d50})	Seismic Velocity (<i>V_f</i>)
	Mpa	m/s
SS2	10,555	1619,478
SS3	8,482	1541,703
SS4	12,017	1667,414
Rata - rata	10,35	1609,532

Pada perhitungan nilai kecepatan gelombang seismik nilai uji kuat tekan sampel SS1 tidak masuk dalam perhitungan. Hal ini dikarenakan sampel SS1 terdapat struktur laminasi sehingga nilai kuat tekan yang didapatkan kemungkinan tidak akurat karena laminasi pada batuan dapat memperkecil nilai kuat tekan batuan tersebut. Data hasil perhitungan kecepatan gelombang seismik didapatkan nilai kecepatan gelombang seismik sebesar 1609,532 m/s.

Rock Hardness

Dari pengujian UCS di laboaturium didapatkan nilai kuat tekan sebesar 10,35 Mpa. Berdasarkan tabel kekerasan batuan menurut Weaver batupasir dengan nilai UCS 10,35 memiliki kekerasan hard rock.

Tabel 4. Kekerasan batuan Weaver (1975)

Hardness	Identification in profile	UCS (Mpa)
Very soft rock	Material crumbles under firm blows with sharp end of geological pick and can be peeled off with a knife it is too hard to cut a triaxial sampel by hand	1,7 - 3,3
Soft rock	Can just be scraped and peeled with a knife identions 1mm to 3mm show in the specimen with firm blows of the pick point	3,3 - 10,2
Hard rock	Cannot be scraped or peeled with a knife, hand-held specimen can be broken with hammer end of a geological pick with a single firm blow	10,2 - 26,4
Very hard rock	Hand held specimen breaks with hammer end pick under more than one blow	26,4 - 106,0
Extremely hard rock (very very hard rock)	Specimen requires many blows with geological pick to break through intact material	212

Pelapukan Batuan

Pada pengamatan batuan dilapangan batupasir yang diteliti mengalami sedikit pelapukan. Pada Gambar 4.2 dapat dilihat perbedaan warna pada batuan yang sedang ditambang dan batuan yang belum ditambang pada dinding penambangan.



Gambar 3. Batuan yang mengalami pelapukan

Strike Dip and Orientation

Untuk menentukan apakah strike dan dip menguntungkan atau tidak penelitian ini melihat arah penggalian yang sudah ada dimana arah penggalian pada lokasi penambangan N 63°E. Dengan kondisi kekar sejajar arah penggalian.

Setelah diketahui arah penggalian kemudian dilakukan penentuan nilai dip dengan analisis stereografis. Dari hasil analisis stereografis didapatkan arah kemiringan terhadap penggalian sebesar 6° pada joint set 1, 60° untuk joint set 2 dimana strike tegak lurus melawan kemiringan, dan 40° untuk joint set 3 dengan strike searah penggalian. Menurut tabel orientasi kekar *Minty and Kearns(1983)* strike dip and orientation pada lokasi penelitian dapat dikatakan *fair* untuk kekar pada joint set 2 dan joint set 3, sedangkan joint set 1 dikatakan *unfavorable*. Pada lokasi penelitian di dominasi oleh kekar yang memiliki kemiringan landai yang masuk pada joint set 1, nilai arah kemiringan terhadap penggalian sebesar 6° sehingga dalam pembebanan orientasi kekar ini masuk pada masuk pada tabel *unfavorable*.

Tabel 5. pembebanan orientasi kekar

Irrespective of strike	Strike perpendicular ripping direction				Strike parallel to ripping direction	
	with dip		against dip			
0°-20°	45°-90°	20°-45°	45°-90°	20°-45°	45°-90°	
<i>Unfavorable</i>	<i>Very favorable</i>	<i>Favorable</i>	<i>Fair</i>	<i>Unfavorable</i>	<i>Fair unfavorable</i>	<i>Very unfavorable</i>

Kemampugaran (Rippability)

Berdasarkan tabel klasifikasi Weaver (1975) nilai gelombang seismik batupasir yang diteliti masuk pada rock mass III yaitu 1850-1500 m/s dengan jenis batuan yang cukup baik (*Fair Rock*). Sedangkan untuk *rock hardness* dari

hasil pengujian batupasir berdasarkan tabel kekerasan weaver batuan pada lokasi penelitian dapat dikatakan *Hard Rock*. Pada pengamatan batuan dilapangan batupasir yang diteliti mengalami sedikit pelapukan sehingga dalam pembobotan tabel *rock weathering* masuk pada kelas II *slightly weathering*. Dari hasil perhitungan spasi kekar didapatkan nilai 0,54 meter atau 540 mm, pada tabel pembobotan klasifikasi massa batuan pada lokasi penelitian masuk pada kelas III dengan *Discontinuity spacing* antara 1000-300 mm, sedangkan untuk kemenerusan bisa dilihat pada tabel pengamatan bahwa untuk kekar pada lokasi pengamatan mengalami kemenerusan. Untuk isian bukaan kekar itu sendiri pada pengamatan memiliki jarak rata-rata 9 mm jadi pada tabel klasifikasi masuk pada kelas V dengan *Gouge* > 5 mm.

Tabel 5. Tabel pembobotan klasifikasi massa batuan

Rock Mass	I	II	III	VI	V
Description	Very Good Rock	Good Rock	Fair Rock	Poor Rock	Very Poor Rock
Seismic Velocity (m/s)	>2150	2150-1850	1850-1500	1500-1200	1200-450
Rating	26	24	20	12	5
Rock Hardness	Extremely Hard Rock	Very Hard Rock	Hard Rock	Soft Rock	Very Soft Rock
Rating	10	5	2	1	0
Rock Weathering	Unweathered	Slightly Weathered	Weathered	Highly Weathered	Completely Weathered
Rating	9	7	5	3	1
Discontinuity Spacing (mm)	>3000	3000-1000	1000-300	300-50	<50
Rating	30	25	20	10	5
Discontinuity continuity	Non Continuous	Slightly Continuous	Continuous - no Gouge	Continuous some Gouge	Continuous with Gouge
Rating	5	5	3	0	0
Joint Gouge	No Separation	Slightly Separation	Separation < 1mm	Gouge < 5mm	Gouge > 5mm
Rating	5	5	4	3	1
Strike Dip and Orientation *	Very Unfavourable	Unfavourable	Slightly Unfavourable	Favourable	Very Favourable
Rating	15	13	10	5	3
Total Rating	20+2+7+20+0+1+13 = 63				

Tabel 6. Tabel analisis kelas kemampuan pugaruan

TOTAL RATING	100-90	90-70 **	70-50	50-25	<25
Rippability Assessment	Blasting	Extremely Hard Ripping and Blasting	Very Hard Ripping	Hard Ripping	Easy Ripping
Tractor Selection	-	DD9G/D9G	D9/D8	D8/D7	D7
Horse Power	-	770/385	385/270	270/180	180
Kilowatts	-	570/290	290/200	200/135	135

Dari hasil klasifikasi massa batuan didapatkan nilai pembobotan sebesar 63 dan masuk pada kelas III sehingga pada kelas kemampuan pugaruan batuan pada lokasi penelitian dapat dikatakan *Very Hard Ripping*. Apabila dilakukan pembongkaran massa batuan,

batupasir ini dapat di garu terlebih dahulu menggunakan tractor D9/D8.

KESIMPULAN

Nilai kuat tekan uniaksial dari hasil uji UCS (*Unconfined Compressive Strength*) yang dilakukan terhadap sampel batuan adalah: (1) sampel SS1 sebesar 7,661 Mpa, (2) sampel SS2 sebesar 10,555 Mpa, (3) sampel SS3 sebesar 8,482 Mpa, (4) sampel SS4 sebesar 12,017 Mpa. Dari hasil perhitungan menggunakan persamaan *Karpuz* didapatkan nilai kecepatan gelombang seismik sebesar 1609,532 m/s. Hasil analisis dan klasifikasi massa batuan pada lokasi penelitian didapatkan bahwa batupasir pada lokasi penelitian masuk pada kelas III dengan total pembobotan 63, merupakan batuan yang cukup baik, memiliki kekerasan Hard rock dan sedikit lapuk. Untuk bidang diskontinu berupa kekar pada dinding penambangannya memiliki spasi 1000-300 mm dengan lebar isian kekar rata-rata > 5mm, dan orientasi kekar di dinding penambangan *Fair unfavorable*. Nilai klasifikasi tingkat kemampuan pugaruan menurut *weaver* batupasir pada lokasi penelitian memiliki tingkat Kemampuan pugaruan *very hard ripping*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1998, *For the Tropical Engineering Field*, Universitas Teknologi Malaysia.
- Balfas, M.D, 2015, *Geologi Untuk Pertambangan Umum*, Graha Ilmu : Yogyakarta.
- Bell, F.G. 2007. *Engineering Geology, Second Edition*, Elsevier Science Ltd. UK.
- Caterpillar Inc, *Catpilar Performance Handbook 29th Edition*, Caterpillar Inc. Peoria, Illinois.
- CINEST, 2012, *Internasional Simposium on Eart Science and Technolog*, Institute Teknologi Bandung, Bandung.
- ISRM, 2013, *Rippability Assessment Of A Limestone Deposit Vol 2. No. 2*. New Delhi.
- Noor,D, 2009, *Pengantar Geologi Edisi1*, Universitas pakuan Press : Bogor.
- PRCI, 2008, *Pre-Construction Drillability Assessment for Horizontal Directional Drilling PR-277-064501. No. L52287*. Texas.
- Price, D. G., 2009, *Engineering Geology Principles and Practice*, Springer : Verlag Berlin Heidelberg.
- Rai, M. A., 1988, *Mekanika Batuan*, Laboratorium Geoteknik Institute Teknologi Bandung, Bandung.
- Rai dkk, 2013, *Mekanika Batuan*, ITB Press : Bandung.

- Singh,B. & Goel,R.K., 2011, *Engineering Rock Mass Classification*, Elsevier Science Ltd, UK.
- SNI, 1999, Standar Nasional Indonesia No 6167, Metode Pengukuran Kekar Massa Batuan di Lapangan, Indonesia.
- SNI, 2008, Standar Nasional Indonesia No 2825, Cara Uji Kuat Tekan Batuan Uniaxial, Indonesia.
- Supriatna dkk, 1995, *Peta Geologi Lembaran Samarinda,Kalimantan*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.