

Studi *Drill Rate Indeks (DRI)* Pada Kegiatan Pengeboran Lubang Tembak Pada Formasi Balikapan dan Formasi Pulaubalang PT. Bukit Baiduri Energi Dan PT. Khutai Makmur Insan Abadi Provinsi Kalimantan Timur

Ibnu Syafi'i Rhamadany¹, Tommy Trides², Windhu Nugroho³
^{1,2,3} Universitas Mulawarman

Abstract: Rotary drilling is one of the drilling methods that is often used for stripping overburden in open pit mining activities. In the rotary drilling process, prediction of the penetration rate is very important for scheduling production and estimating drilling costs. Drilling in mining activities is used, among other things, to create blast holes. In blasting activities, drilling is the first activity that must be carried out to provide a blast hole which will later be filled with explosives to be detonated. Meanwhile, the speed at which the blast hole is prepared is influenced by the speed of the drilling tool to penetrate the rock. Drilling speed is influenced by two factors, namely internal factors and external factors.

Keywords: Drill Rate Index (DRI), Drilling, Balikapan Formation and Pulaubalang Formation

Abstrak: Pengeboran rotari termasuk salah satu metode pengeboran yang sering digunakan untuk pengupasan lapisan tanah penutup pada kegiatan penambangan tambang terbuka. Dalam Proses pengeboran rotari, prediksi terhadap laju penembusan merupakan hal yang sangat penting untuk penjadwalan produksi dan estimasi biaya pengeboran. Pengeboran dalam kegiatan penambangan digunakan antara lain untuk pembuatan lubang ledak. Dalam kegiatan peledakan, pengeboran merupakan kegiatan pertama kali harus dilakukan untuk penyediaan lubang ledak yang nantinya akan diisi bahan peledak untuk diledakkan. Sementara itu, cepat lambatnya penyediaan lubang ledak dipengaruhi oleh kecepatan alat bor untuk menembus batuan. Kecepatan pengeboran dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu faktor internal dan faktor eksternal.

Kata kunci: Drill Rate Indeks (DRI), Pengeboran, Formasi Balikapan dan Formasi Pulaubalang

LATAR BELAKANG

Pengeboran dalam kegiatan penambangan digunakan antara lain untuk pembuatan lubang ledak. Dalam kegiatan peledakan, pengeboran merupakan kegiatan pertama kali harus dilakukan untuk penyediaan lubang ledak yang nantinya akan diisi bahan peledak untuk diledakkan. Sementara itu, cepat lambatnya penyediaan lubang ledak dipengaruhi oleh kecepatan alat bor untuk menembus batuan. Kecepatan pengeboran dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu faktor internal dan faktor eksternal.

Faktor internal yang mempengaruhi pengeboran adalah faktor drillabilitas yaitu kecepatan penetrasi rata-rata mata bor terhadap batuan yang dipengaruhi oleh sifat batuan. Sementara itu, faktor eksternal antara lain geometri pengeboran, umur dan kondisi mesin bor, serta keterampilan operator mesin bor. Sifat batuan yang berpengaruh terhadap laju penetrasi pengeboran batuan meliputi bidang diskontinu, sifat fisik dan sifat mekanik.

Oleh karena itu pada kegiatan penambangan dilapangan sangat penting untuk menentukan metode pembongkaran yang tepat, dengan kondisi material yang dilihat cukup keras akan sangat tidak efektif dengan menggunakan metode freedig dan metode ripping. Penelitian ini diperlukan untuk mengetahui laju penembusan pada pengaruh sifat batuan

tersebut terhadap kecepatan pengeboran yang akan di uji menggunakan alat bor rakitan, sehingga dapat dipilih metode pembongkaran yang paling sesuai dengan kondisi batuan tersebut. Dengan menggunakan metode pembongkaran yang tepat, dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas kegiatan penambangan, serta mengurangi biaya dan kerusakan peralatan.

KAJIAN TEORI

Informasi mengenai geologi regional daerah penelitian dapat diperoleh dari peta Geologi Lembar Samarinda, Kalimantan Timur, seperti gambar 2.2 dibawah. Wilayah Samarinda terletak di bagian selatan Kalimantan Timur. Secara geologis, dimana wilayah tersebut termasuk kedalam cekungan Kutai. Cekungan Kutai merupakan salah satu cekungan Indonesia yang luasnya +60.000 km dan mengandung sedimen tersier setebal 14 km. cekungan ini merupakan cekungan terbesar serta terdalam di Indonesia bagian timur. cekungan Kutai terletak di ujung timur paparan Sunda yang dibentuk oleh gaya *ekstensional* selatan Lempeng Eurasia. (Anggelia, 2021).

Stratigrafi regional wilayah Samarinda terdiri atas batuan sedimen tersier berumur miosen awal sampai pliosen dengan urutan dari tua ke muda sebagai berikut : formasi Pamaluan, formasi Bebuluh, formasi Pulaubalang, formasi Balikpapan dan formasi Kampung Baru dan endapan alluvial yang adalah endapan termuda yang tidak selaras di atas endapan batuan yang lebih tua. Sesuai uraian diatas oleh peneliti sebelumnya tentang geologi regional cekungan kutai maka bisa disimpulkan bahwa sedimen cekungan kutai diendapkan pada awal tersier dari arah barat ke timur di lingkungan delta. Cekungan Kutai berkembang dalam *regresi* laut ke arah timur. formasi yang membawa batubara merupakan formasi Balikpapan dan formasi Pulaubalang (Supriatna dkk,1995).

Cekungan Kutai terbentuk oleh proses ekspansi pada kala meosen tengah, diikuti oleh periode pelenturan dasar cekungan yang berakhir di *oligosen* akhir. Peningkatan tekanan disebabkan karena adanya tumbukan lempeng mengakibatkan pengangkatan ke arah barat laut dasar cekungan, yang membentuk siklus *regresif* utama sedimentasi klastik di Cekungan Kutai, serta tidak terganggu dari oligosen akhir sampai sekarang (Ferguson dan McClay, 1997).

Lokasi penelitian di lakukan pada dua lokasi dimana lokasi Pertama ialah PT. Bukit Baiduri Energi (BBE) dengan formasi Balikpapan. Secara administratif PT. BBE ini berada di Desa Bukit Raya, Kecamatan Ternggarong Sebrang, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. Lokasi ini dapat ditempuh dengan waktu sekitar 30 menit dari Fakultas

Teknik Universitas Mulawarman. Lokasi Kedua Berada di PT. Khotai Makmur Insan Abadi (KMIA) dengan formasi pulau balang. PT. KMIA berada di Desa Bhuana Jaya, Kecamatan Ternggarong Sebrang, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. Lokasi ini dapat ditempuh dengan waktu sekitar 45 menit dari Fakultas Teknik Universitas Mulawarman.

Sampel Batuan *claystone* diperoleh dari dua lokasi. Lokasi pertama diambil dari PIT Yupa PT. Bukit Baiduri Energi pada koordinat 0509715 mE, 9951048 mN. lokasi kedua diambil dari PIT Mandau PT. Khutai Makmur Insan Abadi pada koordinat 0514842 mE, 9973862 mN. batuan *claystone* merupakan batuan paling dominan pada daerah kedua PIT tersebut. Pengambilan sampel batuan dilakukan secara acak.

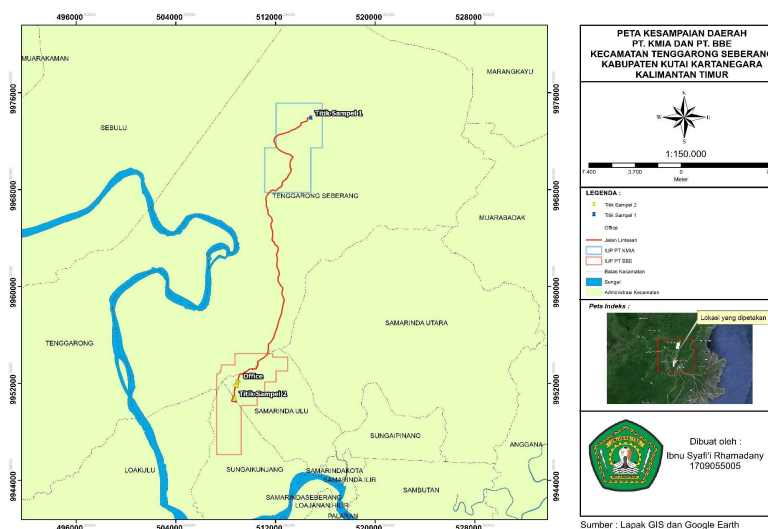
METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan Penelitian

Di dalam pelaksanaan penelitian ini, penulis menggabungkan antara teori dengan data- data lapangan, sehingga dilakukan dalam beberapa tahapan yang meliputi tahap pra lapangan, tahap lapangan, tahap pasca lapangan.

Lokasi Penelitian

Secara administratif lokasi Penelitian pada PT. Bukit Baiduri Energi dan PT. Khutai Makmur Insan Mandiri terletak di Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur, Untuk mencapai lokasi penelitian tersebut, dari Universitas Mulawarman Samarinda dapat ditempuh Melalui jalur darat dari kampus Universitas Mulawarman samarinda menuju lokasi penelitian memerlukan waktu kurang lebih 45 menit.



Gambar 1 Peta Kesampaian Daerah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Sifat Fisik batuan

Pengujian sifat fisik mengacu pada *Standart International Society for Rock Mechanic* (ISRM) 1977 dilakukan untuk mengetahui sifat – sifat fisik dari sample batuan termasuk nilai *density* dari setiap sample batuan sehingga peneliti dapat menghitung berat sampel yang harus disediakan untuk pengujian *brittleness test*.

Pada pengujian sifat fisik *claystone* formasi Balikpapan pada lokasi satu dan formasi pulau balang pada formasi dua digunakan sampel dengan masing – masing sebanyak lima sampel untuk menentukan sifat fisik batuan tersebut. Berdasarkan tabel 4.1 pada batuan formasi Balikpapan didapatkan nilai untuk *natural density* yang berkisar antara 1,65 gr/cm³ sampai dengan 1,87 gr/cm³, nilai *dry density* didapatkan nilai yang berkisar 1,60 gr/cm³ sampai dengan 1,84 gr/cm³, nilai *saturated density*, didapatkan nilai yang berkisar antara 1,90 gr/cm³ sampai dengan 2,04 gr/cm³, nilai *porosity* didapatkan nilai yang berkisar antara 15,13 % sampai dengan 22,23 %.

Tabel 1 Hasil Pengujian Sifat Fisik pada Formasi Balikpapan

No	Sifat Fisik	Unit	Sampel Claystone Formasi Balikpapan					Average
			CLA01	CLA02	CLA03	CLA04	CLA05	
1	<i>Natural Density</i>	gr/cm ³	1,87	1,79	1,77	1,73	1,65	1,76
2	<i>Dry Density</i>	gr/cm ³	1,84	1,73	1,71	1,68	1,60	1,71
3	<i>Saturated Density</i>	gr/cm ³	2,04	2,01	2,01	1,93	1,90	1,98
4	<i>Natural Water Content</i>	%	1,72	3,46	3,94	2,71	3,33	3,03
5	<i>Saturated Water Content</i>	%	11,34	16,11	17,74	15,11	18,76	15,81
6	<i>Degree of Saturation</i>	%	20,81	27,88	30,25	25,39	29,97	26,86
7	<i>Porosity</i>	%	15,13	21,46	22,23	17,97	17,76	18,91
8	<i>Void Ratio</i>		0,26	0,39	0,43	0,34	0,43	0,37

pada batuan formasi pulaubalang didapatkan nilai untuk *natural density* yang berkisar antara 1,29 gr/cm³ sampai dengan 1,42 gr/cm³, nilai *dry density* didapatkan nilai yang berkisar 1,20 gr/cm³ sampai dengan 1,31 gr/cm³, nilai *saturated density*, didapatkan nilai yang berkisar antara 1,69 gr/cm³ sampai dengan 1,75 gr/cm³, nilai *porosity* didapatkan nilai yang berkisar antara 16,98 % sampai dengan 23,49 %.

Tabel 2 Hasil Pengujian Sifat Fisik pada Formasi Pulaubalang

No	Sifat Fisik	Unit	Sampel Claystone Formasi Pulaubalang					Average
			CLB01	CLB02	CLB03	CLB04	CLB05	
1	<i>Natural Density</i>	gr/cm ³	1,29	1,35	1,42	1,30	1,34	1,34
2	<i>Dry Density</i>	gr/cm ³	1,20	1,27	1,31	1,21	1,26	1,25
3	<i>Saturated Density</i>	gr/cm ³	1,69	1,72	1,75	1,70	1,72	1,72
4	<i>Natural Water Content</i>	%	7,69	6,08	7,88	7,40	7,02	7,21
5	<i>Saturated Water Content</i>	%	41,15	35,82	33,55	40,17	36,54	37,45
6	<i>Degree of Saturation</i>	%	49,29	45,47	44,05	48,69	45,90	46,68
7	<i>Porosity</i>	%	18,69	16,98	23,49	18,41	19,20	19,36
8	<i>Void Ratio</i>		0,97	0,83	0,79	0,95	0,85	0,88

Pada Gambar 1 dibawah didapatkan perbandingan *water content* antara *claystone* pada formasi balikpapan dan formasi pulaubalang, pada formasi balikpapan memiliki kadar air yang lebih sedikit dibandingkan formasi pulau balang dengan rata – rata kadar air formasi balikpapan sekitar 3,03% sedangkan pada formasi pulaubalang rata – rata kadar airnya sekitar 7,21%.

Tabel 3 Hasil Pengujian Sifat Fisik Peneliti Terdahulu

No	Kode Sample	Sample Batuan	Natural Density (γ_n) gr/cm ³	Dry Density (γ_d) gr/cm ³	Saturated Density (γ_s) gr/cm ³	Natural Water Content (w_n) %	Saturated Water Content (w_s) %	Deegree of Saturation (S) %	Porosity (n) %	Void Ratio (e)
1	SS 1	Sandstone	0,87	0,71	1,39	0,24	0,99	0,24	0,68	0,007
2	SS 2	Sandstone	1,33	1,27	1,35	0,04	0,06	0,72	0,07	0,001
3	SS 3	Sandstone	1,01	0,68	1,30	0,49	0,93	0,53	0,62	0,006
4	CS 1	Claystone	1,52	1,33	1,71	0,18	0,34	0,48	0,38	0,004
5	CS 2	Claystone	1,19	0,91	1,47	0,35	0,67	0,45	0,57	0,006
6	CS 3	Claystone	1,21	0,98	1,60	0,24	0,64	0,34	0,62	0,006

Uji Kuat Tekan Batuan

Pada pengujian Kuat Tekan Batuan ini menggunakan sampel yang sudah di preparasi sesuai standart ISRM. Sampel yang telah di uji kita akan memperoleh nilai tekan puncak. Kuat tekan sampel uji harus di hitung dengan membagi beban maksimum yang ditanggung oleh sampel uji selama pengujian, dengan luas penampang semula. Data hasil pengujian kemudian diolah menggunakan *Microsoft Excel* untuk memperoleh nilai kuat tekannya.

Berdasarkan tabel 3 sampel formasi balikpapan pada lima sampel pengujian diperoleh nilai kuat tekannya untuk sampel CLA01 sebesar 15,57 Mpa, sampel CLA02 sebesar 12,03 Mpa, sampel CLA03 sebesar 12,74 Mpa, sampel CLA04 sebesar 14,86 Mpa, sampel CLA05 sebesar 16,28 Mpa.

Tabel 4 Hasil Uji Kuat Tekan Batuan Formasi Balikpapan

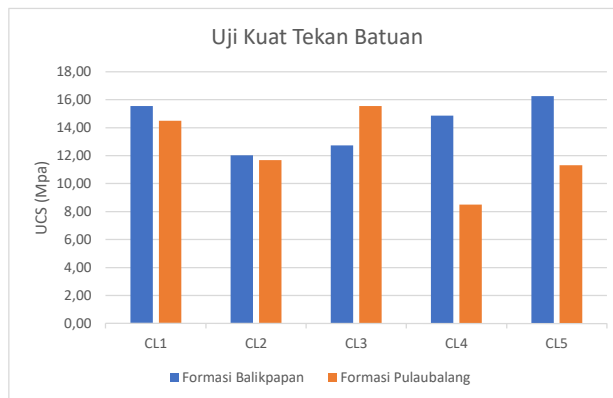
Formasi Balikpapan					
Sampel	D (mm)	T (mm)	A (mm)	F (kN)	UCS (Mpa)
CLA01	60	120	2826	44	15,57
CLA02	60	120	2826	34	12,03
CLA03	60	120	2826	36	12,74
CLA04	60	120	2826	42	14,86
CLA05	60	120	2826	46	16,28

Pada sampel uji formasi pulaubalang didapatkan nilai kuat tekannya pada sampel CLB01 sebesar 14,51 Mpa, sampel CLB02 sebesar 11,68 Mpa, sampel CLB03 sebesar 15,57 Mpa, sampel CLB04 sebesar 8,49 Mpa, sampel CLB05 sebesar 11,32 Mpa, seperti yang tertera pada tabel 4 di bawah.

Tabel 5 Hasil Uji Kuat Tekan Batuan Formasi Pulaubalang

Formasi Pulaubalang					
Sampel	D (mm)	T (mm)	A (mm)	F (kN)	UCS (Mpa)
CLB01	60	120	2826	41	14,51
CLB02	60	120	2826	33	11,68
CLB03	60	120	2826	44	15,57
CLB04	60	120	2826	24	8,49
CLB05	60	120	2826	32	11,32

Berdasarkan hasil nilai kuat tekan yang diperoleh pada sampel *claystone* formasi Balikpapan dan formasi pulaubalang didapatkan nilai rata rata perbandingan nilai kuat tekannya pada formasi Balikpapan lebih besar dibandingkan dengan nilai kuat tekan dari formasi pulaubalang, dimana pada sampel formasi pulaubalang didapatkan nilai rata – rata sebesar 14,30 Mpa sedangkan pada sampel formasi pulaubalang didapatkan nilai rata - rata sebesar 12,31 Mpa seperti yang terlihat pada gambar dibawah.



Gambar 2 Perbandingan Nilai Kuat Tekan Batuan

UCS dan Kekerasan Batuan (*Mosh Hardness*)

Dari hasil pengujian UCS menghasilkan nilai untuk batuan type *Mudrock* bervariasi dari 8,49 Mpa sampai dengan 16,28 Mpa. Bila diklasifikasikan menurut (Bieniawski, 1973) pada tabel 2.2 bisa dijelaskan bahwa batuan type *mudrock* ini termasuk dalam kategori sangat lunak karena berada di bawah 25 Mpa. Sedangkan bila diklasifikasikan dari data UCS menggunakan klasifikasi Protodyakonov, Tamrock (1989) seperti pada tabel 2.1 maka masuk dalam kategori lunak dengan skala mohs 2 – 3.

Tabel 6 Klasifikasi Skala Mohs Formasi Balikpapan

Formasi Balikpapan						
Sampel	UCS (Mpa)	Skala Mohs	Kandungan Mineral			Klasifikasi
			Kuarsa	Lempung Karbon	Material Karbon	
CLA01	15,57	2,5	2%	83%	15%	Lunak
CLA02	12,03					
CLA03	12,74					
CLA04	14,86					
CLA05	16,28					

Tabel 7 Klasifikasi Skala Mohs Formasi Pulaubalang

Formasi Pulaubalang						
Sampel	UCS (Mpa)	Skala Mohs	Kandungan Mineral			Klasifikasi
			Kuarsa	Lempung Karbon	Material Karbon	
CLB01	14,51	2,5	1%	79%	20%	Lunak
CLB02	11,68					
CLB03	15,57					
CLB04	8,49					
CLB05	11,32					

Uji *Brittleness Test*

Pada perlakuan pengujian *brittleness test* berdasarkan *American Society of Testing and Material* (ASTM) 2007 dilakukan untuk mendapatkan nilai *brittleness* (S20) dari setiap sampel batuan. Pengujian ini dilakukan menggunakan alat uji *brittleness test*.

Pada sampel uji yang harus disiapkan yaitu berdiameter lolos ayak 11,2 – 16 mm dengan berat sampel sesuai dengan nilai *natural density* masing – masing sampel. Berikut contoh perhitungan uji *brittleness test* dan untuk perhitungan lainnya terdapat pada Lampiran.

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Sampel uji Claystone (CLA01)} &= (500 \times \textit{natural density}) / 2,65 \\
 &= (500 \times 1,87 \text{ gr/cm}^3) / 2,65 \\
 &= 352,28 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

Pengujian *brittleness test* ini menggunakan masing – masing sebanyak lima sampel uji setiap formasi, dan menggunakan berat sampel uji yang berbeda tergantung nilai *natural density*. Berdasarkan tabel 6 setelah melakukan pengujian pada sampel formasi balikpapan didapatkan nilai S20, untuk sampel CLA01 sebesar 36,65 %, CLA02 sebesar 47 %, CLA03 sebesar 50,74 %, CLA04 sebesar 43,99 %, dan CLA05 sebesar 36,08 %.

Tabel 8 Hasil Uji *Brittleness Test* Formasi Balikpapan

Sampel Batu Formasi Balikpapan									
Sampel	<i>Natural Density</i>	Berat Sampel Uji	Berat (gr)			Persentase (%)			S20 (%)
			<i>Oversize</i>	<i>Undersize</i>	<i>Loss</i>	<i>Oversize</i>	<i>Undersize</i>	<i>Loss</i>	
CLA01	1,87	352,28	222,5	129,10	0,68	63,16	36,65	0,19	36,65
CLA02	1,79	337,87	176,10	161,7	0,07	52,12	47,86	0,02	47,86
CLA03	1,77	334,43	163,90	169,7	0,83	49,01	50,74	0,25	50,74
CLA04	1,73	325,77	181,50	143,3	0,97	55,71	43,99	0,30	43,99
CLA05	1,65	311,51	198,6	112,40	0,51	63,75	36,08	0,16	36,08

Berdasarkan tabel 7 pada pengujian sampel formasi pulaubalang didapatkan nilai S20 pada sampel CLB01 sebesar 52, 22 %, CLB02 sebesar 52,38 %, CLB03 sebesar 51,56 %, CLB04 sebesar 67,80 %, dan CLB05 53,03 %.

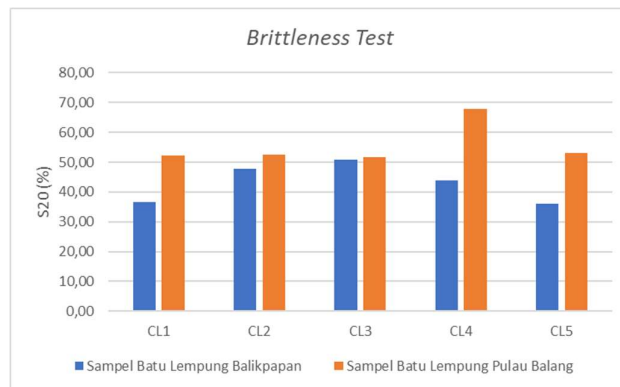
Tabel 8 Hasil Uji *Brittleness Test* Formasi Pulaubalang

Sampel Batu Formasi Pulau Balang									
Sampel	<i>Natural Density</i>	Berat Sampel Uji	Berat (gr)			Persentase (%)			S20 (%)
			<i>Oversize</i>	<i>Undersize</i>	<i>Loss</i>	<i>Oversize</i>	<i>Undersize</i>	<i>Loss</i>	
CLB01	1,29	243,00	115,70	126,9	0,40	47,61	52,22	0,16	52,22
CLB02	1,35	254,09	120,20	133,1	0,79	47,31	52,38	0,31	52,38
CLB03	1,42	267,25	128,3	137,80	1,15	48,01	51,56	0,43	51,56
CLB04	1,30	245,59	78,30	166,5	0,79	31,88	67,80	0,32	67,80
CLB05	1,34	253,65	118,60	134,5	0,55	46,76	53,03	0,22	53,03

Setelah didapatkan nilai S20 pada masing – masing sampel formasi balikpapan dan formasi pulaubalang, didapatkan perbandingan nilai rata – rata S20 pada formasi pulaubalang lebih besar dari formasi balikpapan, dimana nilai rata – rata S20 yang diperoleh pada formasi pulaubalang sebesar 55,40%, sedangkan nilai rata – rata S20 pada formasi balikpapan sebesar 43,06%.

Tabel 9 Hasil Uji *Brittleness Test* Penelitian Terdahulu

No.	Kode Sampel	Sampel	Natural Density (γ_s) gr/cm ³	Berat Sampel Uji (gr)	Weight (gr)			Persentase (%)		
					Oversize	Undersize	Loss	Oversize	Undersize	Loss
1	SS 1	Sandstone	0,87	164,67	32,4	131,6	0,67	19,68%	79,92%	0,41%
2	SS 2	Sandstone	1,33	250,10	70,4	179,2	0,50	28,15%	71,65%	0,20%
3	SS 3	Sandstone	1,01	189,74	45,8	143,4	0,54	24,14%	75,58%	0,28%
4	CS 1	Claystone	1,52	286,24	169,7	116,2	0,34	59,29%	40,60%	0,12%
5	CS 2	Claystone	1,19	224,40	123,2	100,8	0,40	54,90%	44,92%	0,18%
6	CS 3	Claystone	1,21	237,76	132,9	104,3	0,56	55,90%	43,87%	0,24%



Gambar 3 Perbandingan Nilai *Brittleness Test*

Miniature Drill Test

Pada mesin *mini DRI-test* terdapat permasalahan yang akan disesuaikan sebelum dilakukan pengujian sesuai dengan standart pengujiannya. Permasalahan yang terjadi ialah kecepatan minimum pemboran pada mesin *mini DRI-test* yang dimiliki alat sebesar 295 rpm, sedangkan kecepatan standart harus disesuaikan hingga 200 rpm, maka dilakukan simulasi waktu agar sesuai dengan uji standart *mini DRI-test*. Untuk perhitungan dapat dilakukan sebagai berikut :

$$200 \text{ rpm} = 1 \text{ menit}$$

$$295 \text{ rpm} = X \text{ menit}$$

$$X = 200 \text{ rpm} / 295 \text{ rpm}$$

$$X = 0,68 \text{ menit} = 40,8 \text{ detik} = 41 \text{ detik}$$

Waktu yang diperlukan untuk melakukan uji sesuai standart *miniature drill test* dengan kecepatan 295 rpm adalah sebesar **41 detik**.

Pada pengujian ini setiap formasi menggunakan jumlah sampel masing masing sebanyak 5 sampel dimana sampel ini di preparasi terlebih dahulu menggunakan gerinda sehingga diperoleh sampel berbentuk kotak dengan ukuran 10 x 10 cm, dimana setelah di bentuk sampel saja di uji sebanyak 5 kali percobaan dan rata – rata hasil percobaan tersebut digunakan untuk nilai *SJ value*. Berdasarkan tabel 6 dibawah pada sampel formasi balikpapan didapatkan nilai rata – rata sampel CLA01 sebesar 30,14 mm, CLA02 sebesar, 32,38 mm, CLA03 sebesar 30,70 mm, CLA04 sebesar 31,94 mm, CLA05 sebesar 30,94mm.

Tabel 10 Hasil Pengujian *Mini Drill Test* Formasi Balikpapan

Sampel Formasi Balikpapan						
Sampel	Kedalaman Lubang (mm)					SJ Value (mm)
	1	2	3	4	5	
CLA01	26,1	31,7	29,3	32,8	30,8	30,14
CLA02	35,2	33,6	30,8	30,1	32,2	32,38
CLA03	32,7	30,9	33,5	25,3	31,1	30,70
CLA04	34,7	28,1	32,7	30,9	33,3	31,94
CLA05	29,2	33,4	32,9	28,7	30,5	30,94

Selanjutnya pada sample formasi pulaubalang diperoleh nilai rata – rata *SJ Value* pada sample CLB01 sebesar 63,02 mm, CLB02 sebesar 65,98 mm, CLB03 sebesar 62,70 mm, CLB04 sebesar 65,82 mm, CLB05 sebesar 62,28 mm.

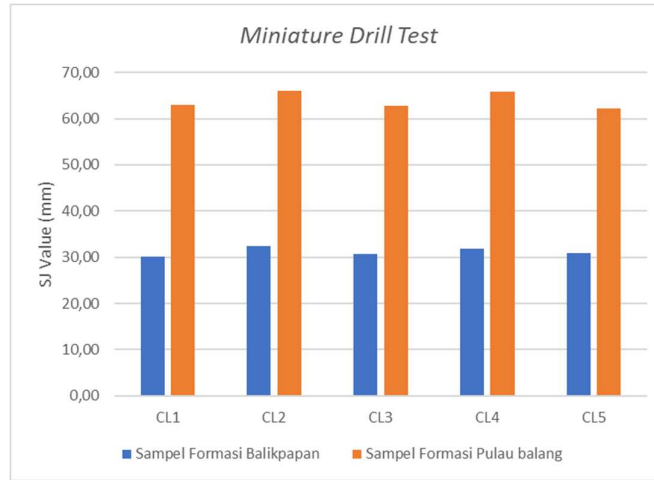
Tabel 11 Hasil Pengujian *Mini Drill Test* Formasi Pulaubalang

Sampel Formasi Pulau balang						
Sampel	Kedalaman Lubang (mm)					SJ Value (mm)
	1	2	3	4	5	
CLB01	70,6	61,6	52,2	64,8	65,9	63,02
CLB02	74,6	62,3	58,7	70,2	64,1	65,98
CLB03	59,2	71,4	63,1	67,6	52,2	62,70
CLB04	58,5	67,2	68,4	60,3	74,7	65,82
CLB05	64,9	57,9	59,6	67,3	61,7	62,28

Pada hasil perhitungan nilai *SJ Value* yang di dapatkan dari rata – rata pemboran dengan *Mini DRI – Test* yang dilakukan pada sampel *claystone* formasi balikpapan berkisar 31,22 mm dan pada formasi pulau balang berkisar 40,73 mm.

Tabel 12 Hasil Pengujian *Mini Drill Test* Penelitian Terdahulu

Kode Sampel	Kedalaman Pemboran (mm)					Nilai SJ Value
	Lubang 1	Lubang 2	Lubang 3	Lubang 4	Lubang 5	
SS 1	58	65,1	61,8	77,6	63,2	65,14
CS 1	36,6	44,9	54,4	56,5	28,6	44,2
SS 2	62,3	61,3	72,3	81,2	67,6	68,94
CS 2	41,6	38,9	58,4	50,5	37,2	45,32
SS 3	58,9	53,2	49,8	69,8	57,7	57,88
CS 3	35,1	39,9	35,9	42,9	36,6	40,08

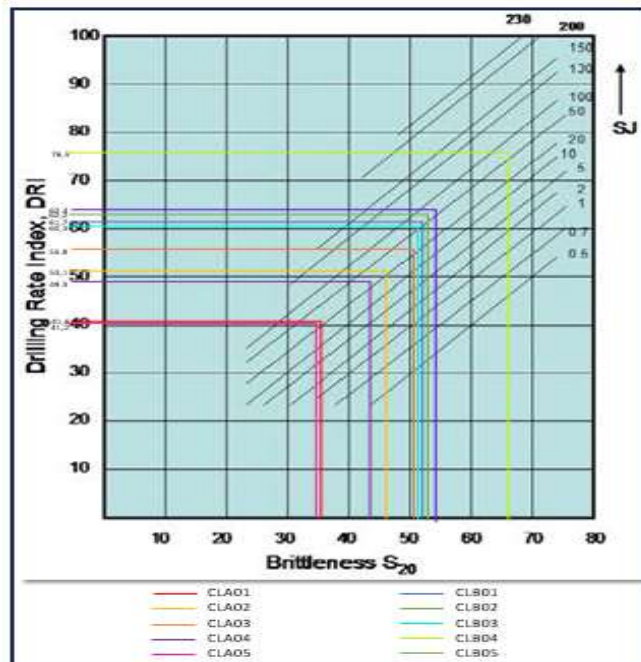


Gambar 4 Perbandingan Nilai Mini DRI Test

Penentuan Nilai *Drilling Rate Indeks* (DRI)

Nilai *driling rate indeks* (DRI) diperoleh dengan menghubungkan titik nilai S20 dengan garis linier nilai *SJ value* masing – masing sampel batuan lalu ditarik garis ke kiri, seperti pada gambar 7 Hasil nilai DRI tersebut dapat di klasifikasikan menurut nilai DRI nya.

Nilai DRI diperoleh dari dua parameter yaitu S20 dan nilai *SJ value* dimana berdasarkan nilai tersebut pada grafik nilai DRI didapatkan nilainya. Pada sampel formasi balikpapan diperoleh nilai DRI CLA01 sebesar 41,5, CLA02 sebesar 53,1, CLA03 sebesar 55,8, CLA04 49,3, dan CLA05 sebesar 41.



Gambar 5 Grafik nilai DRI

Tabel 13 Nilai DRI Formasi Balikpapan

Formasi Balikpapan				
Sampel	S20 (%)	SJ Value (mm)	DRI	Clasification
CLA01	36,65	30,14	41,6	Medium
CLA02	47,86	32,38	53,1	High
CLA03	50,74	30,70	55,8	High
CLA04	43,99	31,94	49,3	Medium
CLA05	36,08	30,94	41,2	Medium

Pada formasi pulaubalang didapatkan nilai DRI yaitu pada sampel CLB01 sebesar 61,5, CLB02 sebesar, 62,4, CLB03 sebesar 60,3, CLB04 sebesar 76,5, dan CLB05 sebesar 62,2.

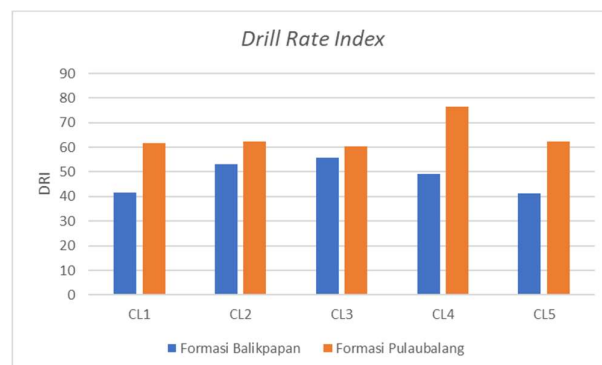
Tabel 14 Nilai DRI formasi Pulaubalang

Formasi Pulaubalang				
Sampel	S20 (%)	SJ Value (mm)	DRI	Clasification
CLB01	52,22	63,02	61,7	High
CLB02	52,38	65,98	62,4	High
CLB03	51,56	62,70	60,3	High
CLB04	67,80	65,82	76,5	Very High
CLB05	53,03	62,28	62,2	High

Berdasarkan nilai DRI yang didapatkan pada sampel formasi balikpapan dan formasi pulau balang didapatkan perbandingan rata – rata nilai DRI nya. Dimana DRI pada formasi pulaubalang lebih tinggi jika dibandingkan dengan formasi balikpapan. Pada formasi balikpapan didapatkan nilai rata – rata DRI sebesar 48,2 sedangkan pada formasi pulaubalang didapatkan nilai rata – rata DRI sebesar 55,66.

Tabel 15 Nilai DRI Peneliti Terdahulu

No.	Kode Sampel	Sampel	S ₂₀ (%)	DRI	Klasifikasi
1	SS 1	Sandstone	79,92	89	Tinggi Sekali
2	SS 2	Sandstone	71,65	82	Tinggi Sekali
3	SS 3	Sandstone	75,58	84	Tinggi Sekali
4	CS 1	Claystone	40,60	48	Medium
5	CS 2	Claystone	44,92	52	Medium
6	CS 3	Claystone	43,87	49	Medium



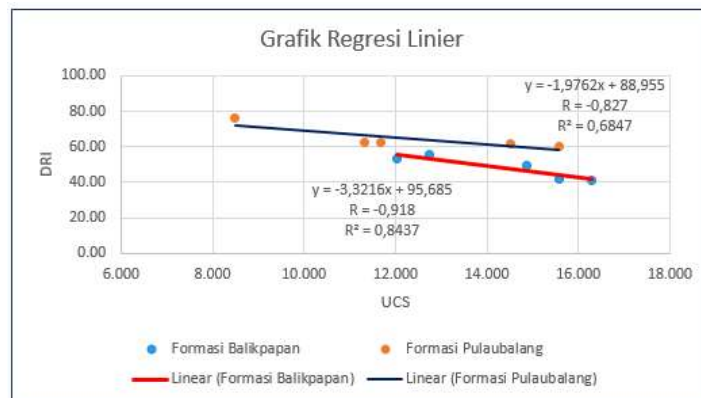
Gambar 6 Perbandingan nilai DRI Formasi Balikpapan dan Pulaubalang

Berdasarkan hasil dari klasifikasi *Drilling Rate Indeks* (DRI) hubungan secara linier pada sample *claystone* pada formasi balikpapan memiliki nilai DRI yang lebih rendah dengan klasifikasi *medium* hingga *high*, dibandingkan dengan formasi pulaubalang dengan klasifikasi *high* hingga *very high* yang artinya material pada formasi balikpapan sangat baik jika dilakukan pemboran dan peledakan.

Hubungan *Drilling Rate Indeks* (DRI) dan *Uniaxial Compressive Strength* (UCS)

Setelah mendapatkan nilai DRI setiap sampel *claystone* dari formasi balikpapan dan formasi pulaubalang, hasil dari pengujian tersebut akan dihubungkan dengan nilai UCS dengan menggunakan grafik regresi linier dan menentukan hubungan yang dimiliki antara nilai DRI dengan nilai UCS.

Pada gambar 7 ditampilkan nilai R yang merupakan simbol dari nilai koefisien korelasi, nilai yang didapatkan pada formasi balikpapan adalah -0,918. Sedangkan pada formasi pulaubalang nilai yang didapatkan adalah -0,827. Nilai ini diinterpretasikan bahwa hubungan antara dua variabel DRI dan UCS hampir mencapai negatif sempurna atau hubungannya kuat. Melalui analisis regresi juga diperoleh nilai R^2 atau koefisien determinasi yang menunjukkan seberapa bagus model regresi yang dibentuk oleh interaksi variable bebas dan variable terikat. Nilai koefisien determinasi yang diperoleh pada formasi balikpapan adalah 84,3 % yang dapat ditafsirkan bahwa variable bebas x1 memiliki kontribusi sebesar 84,3 % terhadap variable Y dan 15,7 % lainnya dipengaruhi oleh faktor – faktor lain diluar x1. Sedangkan pada formasi pulaubalang didapatkan nilai koefisien determinasinya adalah 68,4%. artinya hubungan yang dimiliki kedua komponen UCS dan DRI memiliki hubungan yang kuat dikarenakan semakin tinggi nilai DRI maka semakin rendah pula nilai UCS nya. Hal ini juga di buktikan dalam jurnal “*Determination of Drilling Rate Indeks Based on Rocks Stength Using Regression Analysis*” oleh Hayati Yenice.



Gambar 7 Grafik Regresi Linier DRI dan UCS

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil dari pengujian *Uniaxial Compressive Strength* (UCS) pada formasi balikpapan diperoleh nilai UCS pada sampel CLA01, CLA02, CLA03, CLA04 dan CLA05 masing – masing sebesar 15,57 Mpa, 12,03 Mpa, 12,74 Mpa, 14,86 Mpa, dan 16,28 Mpa, dengan nilai rata – rata 14,3 Mpa. Sedangkan pada formasi pulaubalang diperoleh nilai UCS pada sampel CLB01, CLB02, CLB03, CLB04, dan CLB05 masing – masing sebesar 14,51 Mpa, 11,68 Mpa, 15,57 Mpa, 8,49 Mpa, dan 11,32 Mpa dengan nilai rata – rata 12,31 Mpa.
2. Dari hasil pengolahan data didapatkan nilai DRI formasi balikpapan dengan masing – masing sampel CLA01 sebesar 41.6, CLA02 sebesar 53.1, CLA03 sebesar 55.8, CLA04 sebesar 49.3, dan CLA05 sebesar 41.2 sedangkan pada formasi pulau balang didapatkan nilai DRI pada masing – masing sampel CLB01 sebesar 61.7, CLB02 sebesar 62.4, CLB03 sebesar 60.3, CLB04 sebesar 76.5, dan CLB05 sebesar 62.2. Semakin besar nilai DRI maka kecepatan penetrasi mata bor juga akan semakin besar.
3. Hasil pengolahan data nilai DRI dan UCS dengan grafik linier sederhana pada sample formasi balikpapan dan formasi pulaubalang diperoleh nilai koefisiensi determinasi (R^2) yaitu pada formasi balikpapan sebesar 0,8437 dan pada formasi pulaubalang sebesar 0,6847 yang artinya komponen DRI dan UCS memiliki hubungan yang erat.

Saran

Adapun saran yang dapat dilakukan dengan pengujian selanjutnya sebagai berikut

1. Perlu dilakukan evaluasi ulang terhadap mesin *Mini DRI Test* agar kecepatannya dapat disesuaikan dengan standar kecepatan yang digunakan
2. Sebaiknya lokasi pengambilan sampel batuan yang digunakan lebih banyak agar dapat mengetahui lebih detail perbedaan nilai DRI nya
3. Sebaiknya menggunakan sampel batuan beku agar dapat di korelasikan dengan skala mohs

DAFTAR PUSTAKA

- Anggara, R. (2017). *Modul Praktikum Peralatan Pengeboran Tambang Bawah Tanah*. Bandung: Program Studi Teknologi Pertambangan, Politeknik Energy dan Pertambangan Bandung.
- Anggayana, K. (2005). *Pengeboran Eksplorasi dan Penampang Lubang Bor*. Bandung: Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral ITB.

- Arif, I. (2016). *Geoteknik Tambang: Mewujudkan Produksi Tambang yang Berkelanjutan dengan Menjaga Kestabilan Lereng*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Balfas, M. D. (2015). *Geologi Untuk Pertambangan Umum*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Bieniawski, Z. T. (1973). Engineering classification of jointed rock masses. *Inst. Of Civil Engrs Trans: S. African*.
- Bruland, A. (1998). *Hard Rock Tunnel Boring: Drillability Test Methods*. Norwegia: Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universite Trondheim.
- Har, R. (2016). *Geologi Pertambangan*. Medan: Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Heiniö, M. (1999). *Rock Excavation Handbook*. Sweden: Sandvik Tamrock Corp.
- Karanama, R. (1998). *Principiles of Rock Drilling*. Kharagpur: Dept. of Mining Engineering, Indian Institute of Technology.
- Kahramana, S., Balcıb, C., Yazıcıb, S., & Bilginb N. (2000). Prediction of the penetration rate of rotary blast hole drills using a new drillability index. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 37, 729–743.
- Kelessids, V. C. (2011). Rock drillability prediction from in situ determined unconfined compressive strength of rock. *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 111, 429-436.
- Koesnaryo, S. (2001). *Pemboran untuk Penyedia Lubang Ledak*. Yogyakarta: Fakultas Teknologi Mineral, Jurusan Teknik Pertambangan, UPN Veteran Yogyakarta.
- Koesoemadinata, R. P. (1978). *Geologi Minyak dan Gas Bumi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Macias, F. J. (2017). *Drillability Assessments in Hard Rock*. Helsinki, Finland: 3rd Nordic Rock Mechanics Symposium. ISBN 978-951-758-622-1 ISSN 0356-9403.
- Morris, R. I. (1969). Rock drillability related to a roller cone bit. *SPE* 2389.
- Mukherjee, S. (2012). *Applied Mineralogy*. Kolkata, India: Geological Survey of India.
- Naapuri, J. (1988). *Surface Drilling And Blasting*. Tampere, Finland: Tamrock.
- Noor, D. (2012). *Pengantar Geologi*. Bogor: Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Pakuan.
- Rai, M. A., Kramadibrata, S., Suseno, & Wattimena. (2013). *Mekanika Batuan*. Bandung: Institut Teknologi Bandung Press.
- Rochim, T. (2007). *Perkakas & Sistem Pemerkakasan*. Bandung: Institut Teknologi Bandung (ITB).
- Rustan, A. (2011). *Mining and Rock Construction Technology Desk Reference*. London, UK: CRC Press Taylor & Francis Group.

- Sujianto, A. E. (2009). *Aplikasi Statistik dengan SPSS 16.0*. Jakarta: PT. Prestasi Pustaka.
- Sulistiyowati, W., & Astuti, C. C. (2017). *Statistika Dasar Konsep dan Aplikasinya*. Jawa Timur: Umsida Press, Universitas Sidoarjo.
- Surjono, S. S., & Amijaya, H. (2019). *Sedimentology*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press.
- Surya, D. (2023). *Statistik Deskriptif*. Yogyakarta: Gava Media.
- Suyono. (2015). *Analisis Regresi Untuk Penelitian*. Yogyakarta: Depublish.
- Syofian, S. (2019). *Statistik Parametrik Untuk Penelitian Kuantitatif*. Jakarta: Bumi Aksara.