

**Korelasi *Point Load Index* dan *Uniaxial Compressive Strength*
Pada Satuan Batupasir dan Batulempung Formasi Latih
Untuk Penentuan Koefisien Kekuatan Batuan di Pit X Tambang Batubara
PT Berau Coal, Kalimantan Timur**

Yan Adriansyah^{1*}, Guruh Krisnantara¹, Kurniawan Setiadi²

1. Program Studi Survei dan Pemetaan, Politeknik Sinar Mas Berau Coal, Indonesia
2. Departemen Geoteknik dan Hidrologi, PT Berau Coal, Indonesia

*Email: yan.adriansyah74@gmail.com

SARI

Sifat fisik dan mekanik batuan untuk kebutuhan rekayasa sangat diperlukan dalam setiap pekerjaan sipil/konstruksi, pertambangan dan kebutuhan rekayasa lainnya. Hasil uji kuat tekan (*uniaxial compressive strength*; UCS) sangat diperlukan dalam berbagai analisis atau rekayasa geoteknik, khususnya di industri pertambangan kaitannya dengan perhitungan rancangan desain lereng tambang dan infrastruktur pendukung lainnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk penentuan koefisien batuan melalui uji korelasi *Point Load Index* (PLI) dan UCS. Nilai koefisien atau konstanta yang diperoleh dapat digunakan untuk penentuan nilai kekuatan batuan yang digunakan dalam berbagai analisis geoteknik sehingga analisis dapat dilakukan lebih efisien, efektif dan cepat untuk mendukung pekerjaan rekayasa geoteknik. Sampel batuan yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari hasil pemboran geoteknik (*full core drilling*). Adapun pengujian sifat keteknikan batuan untuk memperoleh nilai UCS dan PLI dilakukan di laboratorium. Fokus dan objek penelitian dilakukan pada satuan batulempung dan batupasir sebagai bagian dari Formasi Latih. Kedua jenis lapisan ini merupakan tipe batuan yang paling dominan sebagai penyusun lereng tambang yang terdapat di daerah penelitian. Untuk memastikan hasil korelasi sesuai dengan kaidah penelitian ilmiah, maka sebaran data UCS dan PLI dari hasil uji laboratorium diverifikasi dengan menggunakan pendekatan/pengujian statistik. Korelasi dan analisis antara kedua hasil pengujian sifat keteknikan batuan ini sangat berguna untuk input data analisis geoteknik. Hasil indeks koefisien untuk penentuan nilai UCS dari hasil uji PLI di Pit X Tambang Batubara PT Berau Coal adalah untuk batulempung 23,98, sedangkan untuk satuan batupasir 24,27.

How to Cite: Adriansyah, Y., Krisnantara, G., Setiadi, K., 2021. Korelasi Point Load Index dan Uniaxial Compressive Strength Pada Satuan Batupasir dan Batulempung Formasi Latih Untuk Penentuan Koefisien Kekuatan Batuan di Pit X Tambang Batubara PT Berau Coal, Kalimantan Timur. Jurnal Geomine, 9(1): 9-16.

Published By:

Fakultas Teknologi Industri
Universitas Muslim Indonesia

Address:

Jl. Urip Sumoharjo Km. 05
Makassar, Sulawesi Selatan

Email:

geomine@umi.ac.id

Article History:

Submited 29 Maret 2021

Received in from 30 Maret 2021

Accepted 27 April 2021

Lisensec By:

[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



Berdasarkan hasil analisis ditunjukkan bahwa nilai koefisien konstanta bervariasi dan dipengaruhi oleh karakteristik spesifik dari kondisi geologi di setiap wilayahnya masing-masing.

Kata kunci: UCS, PLI, Batulempung, Batupasir, Formasi Latih, dan Korelasi

ABSTRACT

Physical and mechanical properties of rock for engineering purposes are indispensable for any civil/construction, mining and other engineering requirement. The results of the uniaxial compressive strength (UCS) test are needed intensely in various geotechnical analyzes or engineering, in particular in the mining industry in relation to the calculation of the pit slope design and the other mining infrastructure. Rock samples used in this study were obtained from the results of geotechnical drilling (full core drilling). The rock engineering properties test to obtain UCS and PLI values were carried out in the laboratory. Testing the rock hardness index using the point load index (PLI) can be done more quickly, cheaply, practically and it also can use rock samples with a variety of sample shapes. The objective of this study was to determine the rock coefficient through the Point Load Index (PLI) and UCS correlation test. The coefficient or constant values obtained can be used to determine the rock strength values in various geotechnical analyzes. Thus, the analysis can be carried out more efficiently, effectively and quickly for supporting the geotechnical engineering work. The focus and object of the research are mudstone and sandstone units as part of the Latih Formation. These two types of layers are the most dominant rock types as a constituent of the pit slopes in the research area. To ensure that the correlation results are in accordance with the rules of scientific research, the distribution of UCS and PLI data from laboratory test results is verified using a statistical approach. Correlation and analysis between two rock engineering properties of the test results are very useful for geotechnical analysis data input. The results of the coefficient index for determining the UCS value from the PLI test results at Pit X PT Berau Coal are 23.98 for claystone, while for the sandstone unit 24.27. Based on the results of the analysis, it is shown that the value of the constant coefficient varies and is influenced by the specific characteristics of the geological conditions in each region.

Keyword: UCS, PLI, Mudstone, Sandstone, Latih Formation, and Correlation

PENDAHULUAN

Akurasi analisis geoteknik sangat dipengaruhi oleh ketersediaan data melalui proses akuisisi lapangan serta pengujian di laboratorium. Proses akuisisi data geoteknik ini memerlukan biaya yang cukup besar sehingga diperlukan strategi yang tepat supaya dapat dilakukan secara efektif dan efisien. Hasil analisis menggunakan pendekatan empiris dapat membantu untuk menentukan parameter keteknikan batuan lainnya yang umum digunakan sebagai parameter penting dalam pekerjaan rekayasa geoteknik.

Geologi

Lokasi penelitian dilakukan pada salah satu *pit* di area penambangan PT Berau Coal yang terletak di Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur. Batuan penyusun lereng umumnya didominasi oleh perselingan batupasir, batulempung dan batubara (*coal*). Ketiga satuan batuan ini merupakan bagian dari Formasi Latih yang berumur Miosen Awal bagian Atas (Situmorang & Burhan, 1995). Index atau angka konversi hasil pengujian *uniaxial compressive strength* (UCS) dan *point load index* (PLI) telah banyak diusulkan oleh peneliti sebelumnya. Namun demikian, posisi stratigrafi batuan yang terdapat relatif lebih muda dan

aspek-aspek lain terkait struktur geologi sangat mungkin akan menghasilkan formulasi index atau konversi nilai UCS dari PLI. Sampel batuan yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari hasil pemboran inti (*full core drilling*) seiring dengan kegiatan pemboran yang dilakukan untuk pengembangan penambangan.

Sifat Keteknikan Batuan

Uniaxial Compressive Strength (UCS) adalah kekuatan batuan utuh (*intact rock*) yang diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium, satuan umumnya dinyatakan dalam Mpa. Nilai UCS yang dihasilkan dari pengujian laboratorium merupakan besar tekanan yang diberikan sehingga batuan tersebut pecah. Adapun perbedaan dengan uji *point load index* (PLI) adalah terletak pada permukaan sampel batuan yang akan diuji, yaitu pada pengujian PLI sampel yang ditekan pada satu titik. Hasil uji PLI merupakan salah satu metode yang cukup baik untuk mengestimasi nilai kuat tekan suatu batuan (UCS), khususnya dalam pekerjaan perancangan desain lereng tambang (Willie & Mah, 2004). Berdasarkan riset yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa hasil pendekatan empiris hubungan antara nilai UCS dan PLI memiliki nilai relatif beragam. Hal ini dimungkinkan karena kondisi geologi, khususnya struktur lipatan dan/atau patahan yang terdapat di suatu wilayah akan mempengaruhi kondisi massa batumannya.

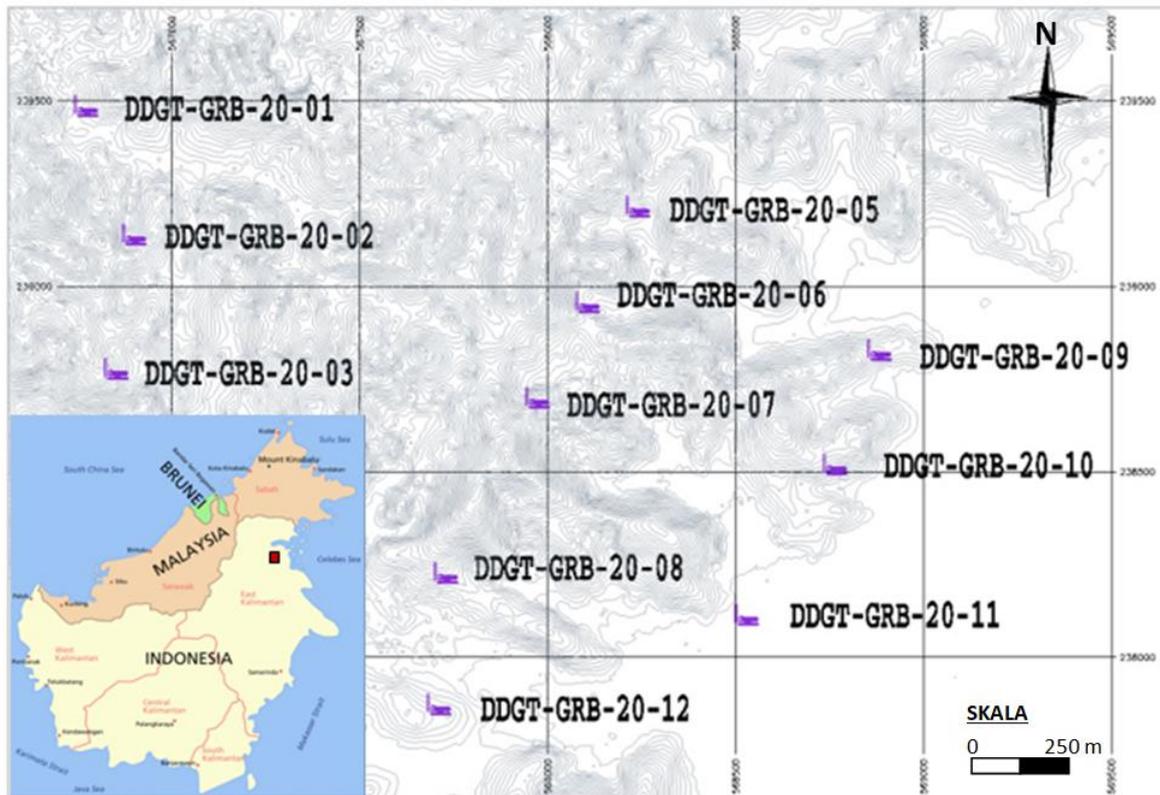
Berdasarkan beberapa aspek yang dimuat dalam latar belakang di atas, dapat dirumuskan bahwa hasil pengujian UCS dan PLI tersebut dapat digunakan untuk penentuan nilai kekuatan batuan yang digunakan dalam berbagai analisis geoteknik. Hal ini juga memiliki manfaat dalam implementasinya bahwa hasil korelasi tersebut akan menghasilkan nilai koefisien batuan sehingga dapat membantu pekerjaan rekayasa geoteknik untuk lebih efisien, efektif, dan cepat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk penentuan koefisien batuan melalui uji korelasi *Point Load Index* (PLI) dan UCS yang terdapat di Pit X Tambang Batubara PT Berau Coal.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini obyek yang dikaji dan menjadi fokus utama analisis adalah data uji laboratorium, yaitu hasil uji UCS dan PLI. Kegiatan penelitian ini diselenggarakan dengan program pemboran geoteknik untuk menentukan parameter desain lereng penambangan. Sampel batuan untuk uji laboratorium diperoleh dari hasil pemboran geoteknik yang tersebar di area rencana bukaan tambang (*pit boundary*). Dasar pengambilan sampel batuan mengacu pada perubahan litologi dan pertimbangan interval sehingga dapat merepresentasikan kondisi sebaran batuan, baik secara lateral maupun vertikal.

Pemboran Geoteknik

Sampel batuan yang dijadikan sebagai objek penelitian diperoleh dari hasil pemboran geoteknik (*full coring*) yang tersebar mengikuti pola penyebaran lateral (*strike*) dan kemiringan lapisan (*dip*). Lokasi pemboran geoteknik tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Lokasi pemboran geoteknik di area penelitian.

Kedalaman pemboran bervariasi berdasarkan target kedalaman mengikuti *seam* batubara dan target akhir penambangan.

Pengujian Laboratorium

Preparasi Sampel

Sampel batuan yang dijadikan sebagai objek penelitian diperoleh dari hasil pemboran geoteknik (*full coring*). Tujuan preparasi adalah membuat contoh agar memenuhi syarat dalam melakukan pengujian *Uniaxial Compressive Strength* (UCS) dan *Point Load Index* (PLI). Sampel batuan yang dihasilkan dari pemboran sudah berbentuk silinder, sehingga dalam preparasi hanya dilakukan pemotongan menggunakan *cutting machine*. Untuk pengujian UCS, panjang sampel memiliki perbandingan dengan rasio 2-3 kali diameter. Adapun untuk pengujian PLI, panjang sampel yang digunakan memiliki perbandingan rasio 1 kali diameter. Setelah itu permukaan sampel diratakan menggunakan amplas untuk memperoleh keakuratan hasil pengujian. Pengukuran dimensi sampel dilakukan secara teliti dan dicatat dalam log sampel.



Gambar 2. (a) *Core* pemboran geoteknik, (b) Sampel untuk pengujian UCS dan PLI, (c) Proses preparasi contoh dengan *cutting machine*

Pengujian PLI

Pengujian *point load index* dilakukan untuk mengukur kekuatan sampel batuan secara tidak langsung. Selain itu uji ini biasanya digunakan untuk memprediksi nilai UCS dari suatu sampel batuan. Pengujian ini menggunakan peralatan yang mudah dibawa ke lapangan sehingga cepat mengeluarkan hasil nilai indeks strength nya. Uji PLI yang dilaksanakan dalam penelitian ini mengacu pada ISRM *Suggested Method for Determining Point Load Strength* (1985; dalam Ulusay & Hodson, 2007). Menurut Broch & Franklin (1972), *point load index* suatu sampel batuan dapat dihitung menggunakan persamaan;

$$Is = \frac{P}{D^2} \quad (1)$$

keterangan :

Is = *Point load strength index* (Mpa)

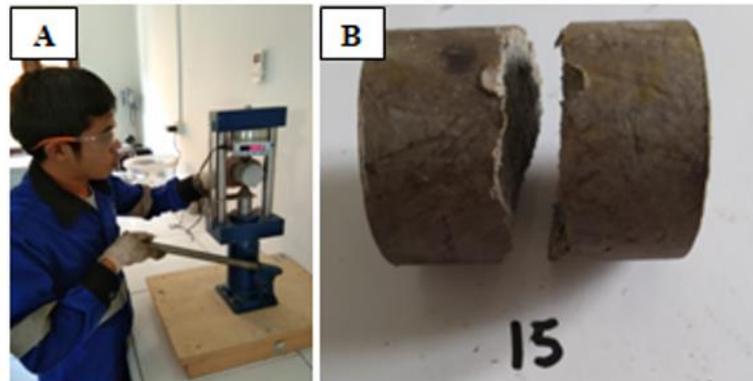
P = Beban maksimum sampai sampel batuan pecah (Kn)

D = Jarak antara dua konus penekan (mm)

Karena diameter (d) ideal sampel batuan yang digunakan adalah 50 mm, maka menurut Greminger (1982) penurunan persamaannya menjadi;

$$Is (50) = \frac{P}{D^2} \times \left(\frac{d}{50}\right) \quad (2)$$

Langkah kerja pengujian ini yaitu meletakkan contoh batuan di antara dua konus penekan secara *diametrical*, kemudian dongkrak hidrolik diberikan tekanan sehingga kedua ujung konus penekan tepat menekan permukaan sampel yang akan di uji. Pemberian tekanan dilakukan sedikit demi sedikit hingga sampel pecah, setelah itu dicatat nilai tekanan maksimum yang ada pada alat pengujian.



Gambar 3. (a) Pengujian PLI dengan alat *Point Load Test*, (b) Sampel batuan yang telah patah

Pengujian UCS

Pengujian *Uniaxial Compressive Strength* (UCS) dilakukan untuk mendapatkan nilai kuat tekan uniaksial dari contoh batuan (Rai., dkk., 2010). Harga tegangan saat contoh batuan hancur didefinisikan sebagai kuat tekan uniaksial batuan. Hubungan ini dapat di formulakan menjadi:

$$\sigma_c = \frac{F}{A} \quad (3)$$

Keterangan:

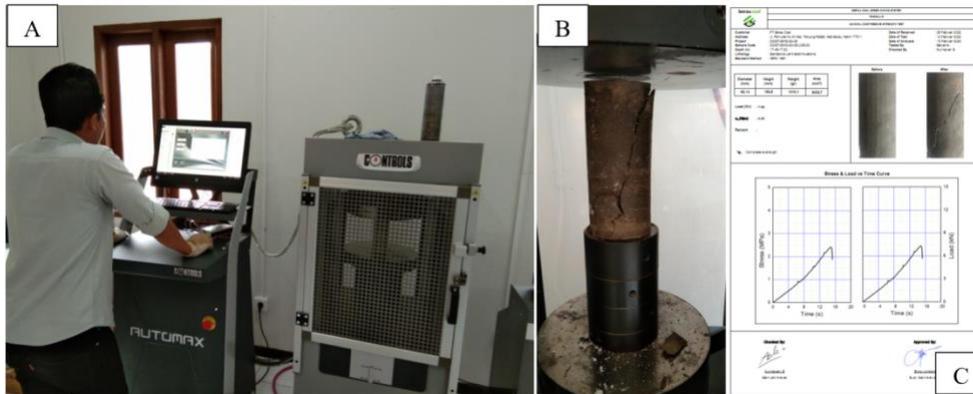
σ_c = Kuat tekan uniaksial batuan (Mpa)

F = Gaya yang bekerja saat sampel batuan hancur (Kn)

A = Luas permukaan sampel batuan (mm²)

Pengujian ini dilakukan menggunakan mesin *Automatic Uniaxial* untuk menekan sampel batuan yang berbentuk silinder dari satu arah hingga sampel batuan tersebut hancur. Pengujian UCS ini mengacu pada ISRM (*International Society for Rock Mechanics*) *Suggested Method for Determining the Uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials* (1981; dalam Ulusay & Hodson, 2007). Pengujian dilakukan mengikuti standar tahapan yang telah ditetapkan, meliputi pemberian informasi/kode setiap sampel yang akan

diuji serta panjang dan diameter sampel. Hasil pengujian kekuatan batuan akan ditampilkan secara otomatis dalam bentuk grafik seperti terlihat dalam Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. (a) Pengujian UCS dengan mesin otomatis *Automax Multitest*, (b) Contoh batuan yang sudah *failure* setelah dilakukan pengujian, (c) Report pengujian UCS

HASIL PENELITIAN

Berdasarkan data lapangan dan korelasi penampang hasil pemboran geoteknik menunjukkan bahwa satuan batulempung merupakan batuan paling dominan dengan komposisi hampir 60%, sedangkan sisanya merupakan satuan batupasir dan lapisan batubara. Hasil korelasi antara nilai UCS dan PLI dalam penelitian ini dibedakan untuk dua jenis satuan batuan, yaitu batulempung dan batupasir. Pemisahan ini dilakukan karena perbedaan nilai koefisien korelasi antara hasil pengujian sangat mungkin dipengaruhi oleh kondisi kekuatan material dan faktor geologi (Adriansyah, dkk., 2017). Selain itu, beberapa hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa nilai koefisien ini sangat bervariasi sebagaimana terlihat dalam Tabel 1 berikut ini (modifikasi dari Akram dan Bakar, 2007).

Tabel 1. Rangkuman nilai koefisien korelasi hasil pengujian UCS dan PLI (modifikasi dari Arkam dan Bakar, 2007).

No	Formula	Proposed by
1.	$UCS = (15.3 \times IS_{50}) + 16.3$	D'Andrea et al (1964)
2.	$UCS = 24 \times IS_{50}$	Broch & Franklin (1972)
3.	$UCS = (14 + 0.175D) \times IS_{50}$	Bieniawski (1975)
4.	$UCS = (20-25) \times IS_{50}$	ISRM (1981)
5.	$UCS = (23 \times IS_{50}) + 13$	Cargill & Shakoor (1990)
6.	$UCS = (23.62 \times IS_{50}) - 2.69$; for coal $UCS = (8.41 \times IS_{50}) + 9.51$; for other rock	Rusnak & Mark (2000)
7.	$UCS = 9.08 IS_{50} + 9.32$	Fener et al (2005)

Hasil Korelasi UCS dan PLI

Hasil uji korelasi dari 42 sampel batuan *intact* pada satuan batuan batulempung yang dilakukan pengujian UCS dan PLI pada kedalaman yang relatif sama/berdekatan. Berdasarkan hasil plotting trendline menunjukkan bahwa nilai regresi-nya 0,54 dengan persamaan regresi linier sebagai berikut:

$$y = 0,0417x \quad (4)$$

dengan y merupakan nilai PLI dan x adalah nilai UCS. Berdasarkan persamaan tersebut di atas dapat diartikan bahwa nilai $PLI = 0,0417 UCS$ sehingga nilai UCS dapat ditentukan dari hasil pengujian PLI dengan persamaan:

$$\begin{aligned} UCS &= (1/0,0433) PLI \\ &= 23,98 PLI \end{aligned} \quad (5)$$

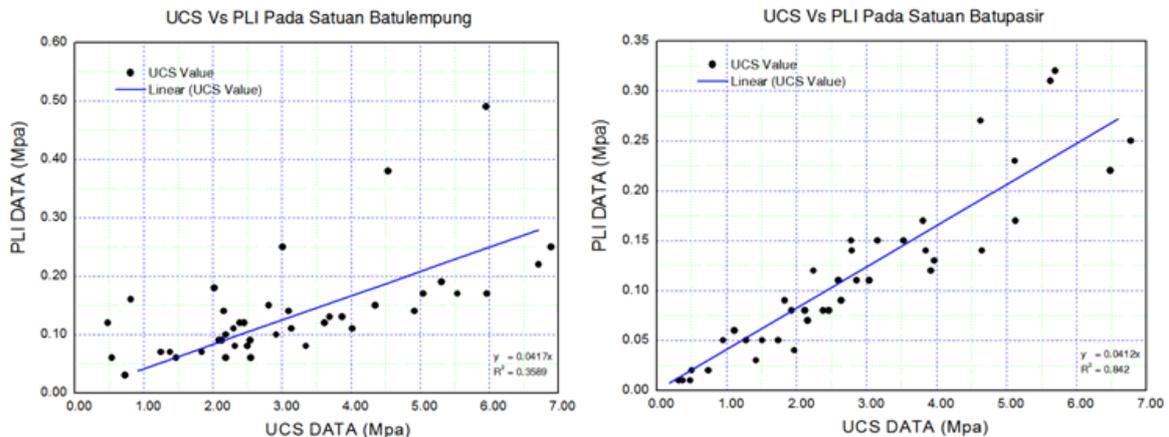
Sedangkan hasil korelasi hasil pengujian UCS dan PLI pada satuan batupasir menunjukkan nilai koefisien regresi 0,842 dengan persamaan regresi linier sebagai berikut.

$$y = 0,0412 x \quad (6)$$

Seperti halnya dilakukan seperti pada satuan batulempung, hasil korelasi UCS dan PLI dari 39 sampel hasil uji diperoleh persamaan:

$$\begin{aligned} \text{UCS} &= (1/0,0412) \text{ PLI} \\ &= 24,27 \text{ PLI} \end{aligned} \quad (7)$$

Hasil korelasi hasil pengujian laboratorium UCS dan PLI pada satuan batulempung dan batupasir ditampilkan pada Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Hasil korelasi nilai PLI dan UCS pada satuan batulempung dan batupasir.

Koefisien korelasi (R^2) pada satuan batulempung menunjukkan nilai yang lebih kecil jika dibandingkan dengan hasil uji pada satuan batuan batupasir, hal ini dimungkinkan oleh adanya kehadiran lapisan batuan lain pada satuan batulempung tersebut, seperti batulempung pasir (*sandy mudstone*) dan batulempung karbonan (*carbonaceous mudstone*) sehingga memberikan respons kekerasan berbeda pada kedua batuan tersebut. Hasil uji korelasi dengan pendekatan statistik antara data UCS dan PLI menunjukkan nilai regresi (r) pada satuan batulempung 0,59; sedangkan pada satuan batupasir 0,92 sehingga dapat disimpulkan bahwa data UCS dan PLI berkorelasi signifikan/kuat. Hasil uji taraf signifikansi dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$t_{\text{hitung}} = \frac{r \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

(8)

Hasil t_{hitung} nilai regresi UCS dan PLI pada kedua satuan batuan tersebut diperoleh nilai 4,60 untuk satuan batulempung, sedangkan pada satuan batupasir diperoleh nilai 14,27. Nilai t_{tabel} dari daftar distribusi $t_{(0,995)}$ adalah 2,207 sehingga dapat disimpulkan bahwa korelasi-regresi UCS dan PLI pada kedua satuan batuan tersebut adalah berhubungan signifikan ($t_{\text{hitung}} > t_{\text{tabel}}$).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis regresi-korelasi dari pengujian laboratorium terhadap nilai kekuatan batuan dengan metode uji UCS dan PLI dalam penentuan indek kekuatan batuan *intact*, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa indeks koefisien untuk penentuan nilai UCS dari hasil uji PLI adalah satuan batulempung 23,98, sedangkan untuk satuan batupasir 24,27. Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa nilai koefisien konstanta bervariasi dan dipengaruhi oleh karakteristik spesifik dari kondisi geologi di setiap wilayahnya masing-masing. Adapun batuan penyusun lereng tambang yang terdapat di daerah penelitian

didominasi oleh satuan batulempung, batupasir, dan batubara sebagai produk penambangan. Ketiga satuan batuan ini termasuk dalam Formasi Latih berumur Miosen Tengah bagian Bawah. Rentang data hasil pengujian kekuatan batuan (*strength*) pada satuan batulempung relatif lebih besar jika dibandingkan dengan satuan batupasir. Hal ini dimungkinkan karena kehadiran sisipan-sisipan material lain pada satuan batulempung ini sehingga menghasilkan indeks kekerasan yang bervariasi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Management PT Berau Coal atas diberikannya akses dan ketersediaan data untuk menunjang pelaksanaan penelitian ini.

REFERENSI

- Adriansyah, Yan., Zakaria, Z., Muslim, D., Haryanto, I., & Hutabarat, J., 2017, *Determining of Coefficient Correlation between UCS and PLI data for Various Rock Type at Batu Hijau Mine – PT Amman Mineral Nusa Tenggara*, Journal of Geological Sciences and Applied Geology, Vol. 2, No. 1.
- Akram, M. & Bakar, Z. A., 2007, *Correlation between Uniaxial Compressive Strength and Point Load Index for Salt-Range Rock*, Journal Engineering & Application of Science.
- Broch, E. and Franklin, J.A. 1972. *The Point-Load Strength Test*. International Journal Rock Mechanics, Pergamon Press, Great Britain.
- Greminger, M., 1982, *Experimental Studies of the Influence of Rock Anisotropy on Size and Shape Effect in Point Load Testing*, International Journal Rock Mechanic, Vol 19, pp. 241-246, Pergamon Press, Great Britain.
- Rai, M.A., Kramadibrata, S., dan Wattimena, R.K. 2010. Mekanika Batuan, Laboratorium Geomekanika dan Peralatan Tambang Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Situmorang, R.I., & Burhan, G., 1995, Peta Geologi Lembar Tanjung Redeb – Kalimantan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Ulusay R., and J.A. Hudson. 2007. *The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing, and Monitoring: 1974 – 2006* (Blue Book), International Society for Rock Mechanics
- Willie, D. C., & Mah, C. W., 2004, *Rock Slope Engineering – Civil and Mining*, Edisi 4, Spon Press, Taylor & Francis Group, London – New York.