

ALTERNATIF PENENTUAN UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH BATULEMPUNG DARI POINT LOAD STRENGTH INDEX DAN REBOUND NUMBER SCHMIDT HAMMER

Norfikriatul Hasanah, Romla Noor Hakim, Eko Santoso, Sari Melati
Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
e-mail : *norfikriyha_h@yahoo.com, romla@ulm.ac.id, eko@ulm.ac.id, sari@ulm.ac.id

ABSTRAK

Kekuatan batuan utuh umumnya dinyatakan dengan UCS (Uniaxial Compressive Strength), yang didapatkan dari uji kuat tekan uniaksial. Uji ini memerlukan setidaknya lima conto dan harus dipreparasi sedemikian rupa agar memenuhi syarat yang telah ditetapkan dalam standar pengujian. Pada kondisi contoh batuan yang akan diuji tidak memenuhi syarat standar uji UCS, misalnya panjang inti bor yang utuh tanpa diskontinuitas kurang dari 2,5 kali diameternya, maka PLI (Point Load Index) atau *rebound number* (R_L) *Schmidt Hammer* dapat menjadi alternatif untuk menyatakan kekuatannya. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan persamaan yang mengekspresikan korelasi antara *rebound value* *Schmidt Hammer* dan PLI dengan nilai UCS pada batulempung.

Uji UCS, PLI, dan *Schmidt Hammer* dilakukan pada masing-masing 10 contoh batulempung. Data hasil pengujian selanjutnya dianalisis korelasinya untuk mendapatkan persamaan yang menyatakan hubungan ketiganya. Persamaan yang diperoleh oleh peneliti terdahulu juga diujicobakan sebagai pembandingan.

Dari penelitian ini diperoleh korelasi persamaan empiris batulempung antara UCS dan *Schmidt Hammer* yaitu $UCS = 0,9035.SH - 17,0160$; UCS (MPa) & SH (R_L). Sedangkan korelasi persamaan empiris batulempung antara UCS dan PLI yaitu $UCS = 1,4868.PLI + 0,7573$. Persamaan tersebut bisa digunakan untuk memprediksi nilai UCS batulempung di formasi yang sama dengan perbedaan relatif 9,28% dan 5,06%.

Kata kunci: *Point Load Index, Schmidt Hammer, Uniaxial Compressive Strength.*

PENDAHULUAN

Berbagai parameter kekuatan batuan dikenal secara luas, baik kuat tekan bebas (uniaksial) dan kuat tekan terkungkung (triaksial). Kedua kuat tekan ini didapatkan dari uji terhadap contoh batuan utuh di laboratorium. Kuat tekan uniaksial memang menjadi parameter paling umum untuk menyatakan kekuatan batuan. Namun, uji kekuatan uniaksial memerlukan contoh yang layak dengan kriteria tertentu, yaitu panjang inti bor yang utuh tanpa diskontinuitas kurang dari 2-2,5 kali diameternya (diameter NQ atau ± 54 cm) atau bongkah yang bisa diambil inti bornyanya. Kalaupun conto yang diuji berbentuk balok, perbandingan tinggi conto tetap 2-2,5 kali lebar atau panjangnya, tanpa diskontinuitas. Contoh batuan utuh terbatas sekali kesediaannya, terutama pada batuan terkekarkan, terlapukan, atau batuan lemah.

Pendekatan lain yang sering digunakan untuk menilai kekuatan batuan ialah PLI (Point Load Index) atau rebound number (R_L) *Schmidt Hammer* (SH). Uji PLI dan SH lebih mudah dilakukan karena praktis dan fleksibel, uji bisa dilakukan di laboratorium atau di lapangan, volume contoh relatif lebih kecil dibanding UCS, bentuk contoh tidak harus teratur sebagaimana contoh untuk uji UCS sehingga waktu preparasi contoh lebih singkat. Uji PLI dan SH ini juga memungkinkan memperoleh hasil detil untuk batuan lemah dengan kekuatan kurang dari 5 MPa dibanding uji UCS.

^[1]Penelitian yang bertujuan mendapatkan hubungan antara hasil uji *Schmidt Hammer* dengan uji kuat tekan uniaksial telah lama dan banyak dilakukan sejak tahun 1966-2001 terhadap berbagai jenis batuan. Korelasi antara R_L dengan UCS yang didapat dari penelitian sebagian besar memenuhi persamaan pangkat. ^[2]Penelitian eksperimental terbaru telah dilaksanakan untuk mengklarifikasi pengaruh karbonasi terhadap *rebound number* dan perubahan kekuatan beton pada tiga tingkat kekuatan. Dari penelitian tersebut didapatkan persamaan

yang menunjukkan kecocokan dengan pengurangan kekuatan beton, dan telah diujicobakan pula pada data uji lapangan yang dipilih dari laporan teknis lain.

Sementara dalam belasan tahun terakhir penelitian tentang hubungan antara PLI dengan UCS lebih berkembang. Tujuannya untuk mendapatkan prediksi nilai UCS dengan cara yang cepat, mudah, dan murah. Persamaan korelasi melalui pengujian terhadap berbagai jenis batuan diperoleh dan divalidasi untuk digunakan untuk keperluan praktis.

^{[3], [4]}Bahkan pada jenis batuan yang unik seperti trona (soda alam) dan interbed atau batupasir karbonatan lemah, persamaan untuk mengubah nilai PLI ke UCS telah diusulkan. ^[4]Korelasi Modulus Young dengan UCS ditentukan. ^[3]Pada penelitian tersebut juga dibuatkan model numerik menggunakan perangkat lunak berbasis metode elemen beda sebagai panduan bagi peneliti yang memiliki berbagai permasalahan pemodelan baik penggalian, rancangan ruang bawah tanah, *hydraulic fracturing*, dan sebagainya.

^[5]Penelitian terhadap batuan lunak piroklastik dengan kekuatan kurang dari 50 MPa memberikan hubungan eksponensial antara PLI dan UCS baik pada kondisi kering maupun jenuh. ^[6]Batugranit diuji sebanyak 754 contoh, diberikan faktor koreksi yang ditentukan oleh kondisi pelapukan dan ukuran butir. ^[7]Sejumlah batuan vulkanik meliputi tuff abu halus, tuff kristal halus-kasar, tuff breksi, riolit feldspar, dan dyke yang diuji PLI memberikan hasil persamaan korelasi dengan UCS dengan konstanta D yang dibedakan atas derajat pelapukan.

^[8]Sebanyak 490 pasangan data UCS dan PLI dari wilayah timur Laut Hitam pernah dievaluasi bersama-sama, diklasifikasikan antara $PLI < 1$ dan $PLI > 1$ MPa, untuk menghasilkan diagram tingkat kekuatan yang memperdetil klasifikasi kekuatan batuan RMR (Rock Mass Rating System).

Metode-metode pengujian lain yang mirip dengan PLI diusulkan untuk memprediksi kekuatan dan divalidasi dengan data UCS. ^[9]Metode baru untuk mengestimasi UCS contoh batuan berukuran kecil (3, 4, dan 5 milimeter) yang dinamakan dengan MPLF (Modified Point Load Force) telah diusulkan dari pengujian terhadap 510 contoh 3 jenis batuan sedimen (batugamping mikritik, batulempung kristalin, dan batupasir). ^[10]Metode lainnya, disebut Edge Load Strength (ELS), hampir sama dengan peralatan uji PLI kecuali dudukan datar menggantikan plat kerucut. Terdapat korelasi yang cukup baik antara hasil uji UCS dan ELS baik untuk estimasi kekuatan maupun modulus elastisitasnya.

Pada penelitian yang dilaporkan dalam tulisan ini, contoh batulempung dipilih sebagai sampel untuk dipelajari korelasi antara nilai UCS dengan PLI dan R_L karena batulempung merupakan penyusun overburden (batuan penutup) lapisan batubara. Dalam kegiatan penambangan, kekuatan overburden ini penting diketahui untuk memilih metode penggalan yang tepat dan sebagai data masukan untuk analisis kestabilan lereng tambang terbuka atau lubang bukaan tambang bawah tanah. Penelitian ini bertujuan melakukan pengujian kuat tekan uniaksial, point load strength index, dan schmidt hammer, menganalisis korelasi antara PLI dengan UCS dan antara R_L dengan UCS, memprediksi UCS dari persamaan hasil korelasi yang diperoleh, serta membandingkan prediksi UCS dari penelitian ini dengan prediksi UCS dari perhitungan menggunakan persamaan dari peneliti sebelumnya.

METODOLOGI

Sampel pada penelitian ini berupa hasil *coring* pemboran geoteknik yang diambil dalam gudang sampel batuan. Jenis sampel batulempung di kedalaman 12,54 m – 64,87 m pada formasi warukin. Formasi warukin memiliki tiga lapisan yang paling dominan yaitu batulempung, batulumpur dan batupasir.

Sampel batulempung yang diambil berjumlah 15 tabung sampel, dalam 1 tabung sampel dipotong menjadi 4 bagian yang dapat mewakili 3 pengujian (UCS, PLI dan Schmidt Hammer). Terlebih dahulu diuji sifat fisik contoh meliputi bobot isi kering dan porositasnya untuk mendeskripsikan contoh.

Sifat fisik dimiliki oleh batuan bersamaan saat batuan tersebut terbentuk. Sifat fisik batuan, diantaranya bobot isi kering (ρ_d) dan porositas (n), yang dihitung menggunakan persamaan (1) dan (2).

$$\rho_d = \frac{W_o}{W_w - W_s} \dots\dots\dots (1)$$

$$n = \frac{W_w - W_o}{W_w - W_s} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

^[11]Pengujian sifat fisik mengacu pada *International Soecity for Rock Mechanics and Rock Engineering (ISRM) Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption, and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties* – 1977.

UCS

Uji ini menggunakan mesin tekan (*compression machine*) untuk menekan sampel batuan yang berbentuk silinder dari satu arah (*uniaxial*). Uji kuat tekan uniaksial mengacu pada ISRM (International Society for Rock

Mechanics) Suggested Method for Detemining the Uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials – 1979 [EUR 4]. Penyebaran tegangan di dalam sampel batuan secara teoritis adalah searah dengan gaya yang dikenakan pada sampel tersebut. Tetapi dalam kenyataannya arah tegangan tidak searah dengan gaya yang dikenakan pada sampel tersebut karena ada pengaruh dari plat penekan mesin tekan yang menghimpit sampel, sehingga bentuk pecahan tidak terbentuk bidang pecah yang searah dengan gaya melainkan berbentuk kerucut *cone*. Perbandingan antara tinggi dan diameter sampel (l/d) mempengaruhi nilai kuat tekan batuan. Untuk pengujian kuat tekan digunakan yaitu $2 < l/d < 2,5$.

Kuat tekan uniaksial (σ_c) dihitung menggunakan persamaan (3), dimana F adalah besarnya gaya yang bekerja pada contoh batuan saat terjadi keruntuhan dalam satuan Newton. A merupakan luas penampang percontohan batuan yang diuji dalam satuan m^2 .

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

PLI

Uji *point load* merupakan uji indeks yang telah secara luas digunakan untuk memprediksi nilai UCS suatu batuan. ^[11]Uji PLI yang dilaksanakan dalam penelitian ini mencacu pada *ISRM Suggested Method for Determining Point Load Strength* - 1985 [EUR 4].

Point load test merupakan pengujian dari indikasi faktor keterdapatannya bidang lemah. Menurut Broch & Franklin (1972), *index point load* suatu contoh batuan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4), dimana I_s adalah *Point Load Strength Index* (Index Franklin) dalam satuan MPa, P adalah beban maksimum sampai percontoh pecah dalam satuan Newton, dan D ialah jarak antara dua konus penekan dalam satuan mm.

$$I_s = \frac{P}{D^2} \dots\dots\dots (4)$$

Menurut Greminger (1982), selang faktor koreksi tergantung besarnya diameter. Karena diameter ideal yang digunakan adalah 50 mm, maka Greminger menurunkan persamaan (5), dimana $F = \left(\frac{d}{50}\right)^{0,45}$. Sehingga diperoleh persamaan PLI yang telah dikoreksi sebagaimana persamaan (6), dimana $I_{s(50)}$ adalah *Point Load Index* berdiameter 50 mm dalam satuan MPa, P ialah beban maksimum contoh akan pecah P dalam satuan Newton, D merupakan jarak antar konus penekan dalam satuan mm, dan d diameter contoh dalam satuan mm.

$$I_{s(50)} = F \frac{P}{D^2} \dots\dots\dots (5)$$

$$I_{s(50)} = \left(\frac{d}{50}\right)^{0,45} \cdot \frac{P}{D^2} \dots\dots\dots (6)$$

Schmidt Hammer

Schmidt Hammer merupakan sebuah alat yang kompak dan ringan untuk mengukur kekerasan relatif dari permukaan material dari batuan. Alat ini digunakan untuk pengujian beton dan batuan yang dapat dilakukan secara insitu maupun pengujian terhadap sampel di laboratorium. ^[12]Standar uji yang digunakan mengacu pada *ISRM*

Suggested Method for Determination of the Schmidt Hammer Rebound Hardness: Revised Version.

Prinsip pengujian dengan *Schmidt Hammer* sebagai berikut. *Plunger* diletakkan tegak lurus pada permukaan sampel batuan. Alat ditekan ke sampel, pegas yang menjadi penghubung antara *hammer* (sistem massa) dengan alat menjadi memanjang. Saat penekanan secara

Metode Analisis Data

Hasil dari pengolahan data, digunakan untuk mencari nilai dan bagaimana hubungan yang terdapat di antara nilai UCS dan PLI, UCS dan *Schmidt Hammer* dalam bentuk persamaan dengan metode analisis regresi linier sederhana.

^[13] Analisis regresi digunakan memprediksikan seberapa jauh perubahan yang terjadi pada nilai variabel dependen, bila nilai variabel independen di manipulasi atau dirubah. Koefisien korelasi adalah pengukuran statistik kovarian antara dua variabel. Besarnya koefisien korelasi berkisar antara (+1) sampai dengan (-1). Koefisien korelasi menunjukkan kekuatan hubungan linier dan arah hubungan dua variabel. Jika koefisien korelasi positif, maka kedua variabel mempunyai hubungan searah, sebaliknya jika koefisien korelasi negatif, maka kedua variabel mempunyai hubungan terbalik. Berikut koefisien korelasi menurut Jonathan Sarwono:

- 0 : tidak ada memiliki korelasi antara dua variabel,
- 0 – 0.25 : memiliki korelasi sangat lemah,
- 0.25 – 0.5 : memiliki korelasi cukup,
- 0.5 – 0.75 : memiliki korelasi kuat,
- 0.75 – 0.99 : memiliki korelasi sangat kuat,
- 1 : memiliki korelasi sempurna

HASIL DAN DISKUSI

Pengujian berupa uji sifat fisik (bobot isi kering dan porositas) dan uji sifat mekanik (UCS, PLI, dan SH) terhadap sepuluh data memberikan hasil seperti tercantum dalam Tabel-1 sampai Tabel-4.

Bobot isi kering batulempung antara 1,18 – 7,82 gr/cm³, rata-rata 3,09 gr/cm³. Porositasnya antara 0,21 – 0,70%, rata-rata 0,5%. UCS batulempung antara 0,63 – 3,39 MPa, rata-rata 2,03 MPa. Rebound number antara 20,50 –

Tabel-1. Data bobot isi kering dan porositas hasil uji sifat fisik

No	Bobot isi kering (gr/cm ³)	Porositas (%)
1	2,26	0,47
2	4,13	0,52
3	1,18	0,62
4	3,09	0,58
5	7,82	0,54
6	2,42	0,29
7	3,11	0,70
8	2,29	0,43
9	1,57	0,64
10	3,06	0,21

sempurna, *latch* (palang penahan) terlepas, maka pegas tersebut menarik sistem massa dengan menuju sampel. Sistem massa itu menumbuk bahu *plunger* dan kemudian memantulkan pada permukaan sampel. Sistem massa pada alat yang memantul menggerakkan sebuah indikator geser, yang mana indikator tersebut mencatat nilai *rebound*.

22,00, rata-rata 21,05. Indeks Franklin antara 0,44 – 1,57 MPa, rata-rata 1,05 MPa.

Gambar-1 menunjukkan korelasi linier positif antara nilai UCS dan rebound number. Semakin tinggi rebound number, UCS juga semakin tinggi. Persamaan (7) mengekspresikan korelasi antara rebound number SH dengan UCS dalam satuan MPa, dengan koefisien determinasi (R^2) 0,89.

Gambar-2 menunjukkan korelasi linier positif antara nilai UCS dan PLI. Semakin tinggi PLI, UCS juga semakin tinggi. Persamaan (8) mengekspresikan korelasi antara PLI dengan UCS dalam satuan MPa, dengan koefisien determinasi 0,81.

Korelasi linier positif ini sesuai dengan hasil penelitian terdahulu pada jenis batu yang lain. Perbedaan terletak pada koefisien kemiringan garis linier (m) dan konstanta c , apabila persamaan linier ini bentuk umumnya $y = mx + c$.

$$UCS = 0,9035. SH - 17,0160 \dots \dots \dots (7)$$

$$UCS = 1,4868. PLI + 0,7573 \dots \dots \dots (8)$$

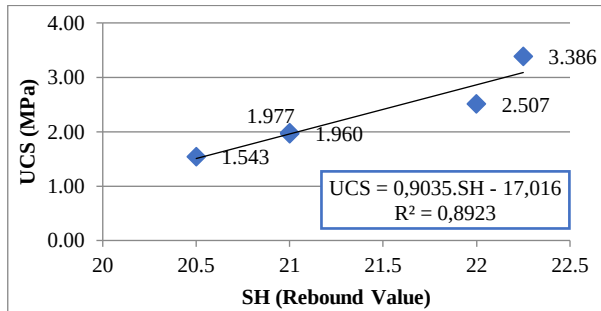
Pada penelitian ini juga diketahui korelasi antara densitas kering ρ_d dengan UCS dan porositas n dengan UCS yang terlihat pada Gambar-3 dan Gambar-4. Korelasi antara kedua sifat fisik ini ditunjukkan dengan persamaan (9) dan persamaan (10), dengan koefisien determinasi 0,98 dan 0,81.

$$UCS = 0,2757. \rho_d - 1,2559 \dots \dots \dots (9)$$

$$UCS = -3,0839. n + 3,6638 \dots \dots \dots (10)$$

Tabel-2. Data UCS, RL, dan Is batulempung hasil pengujian

No	Kode Sampel	UCS (MPa)	Kode Sampel	R _L rata-rata	Kode Sampel	Is (MPa)
1	UCS 1	1,96	SH 1	21,00	PLI 1	1,06
2	UCS 2	1,98	SH 2	20,50	PLI 2	0,77
3	UCS 3	1,90	SH 3	21,00	PLI 3	1,16
4	UCS 4	1,04	SH 4	21,25	PLI 4	1,33
5	UCS 5	0,63	SH 5	20,50	PLI 5	1,38
6	UCS 6	3,39	SH 6	20,75	PLI 6	1,57
7	UCS 7	2,31	SH 7	20,75	PLI 7	1,50
8	UCS 8	2,51	SH 8	22,00	PLI 8	1,17
9	UCS 9	1,54	SH 9	20,50	PLI 9	0,44
10	UCS 10	3,00	SH 10	22,25	PLI 10	1,22



Gambar-1. Grafik korelasi nilai UCS batulempung terhadap Rebound Number Schmidt Hammer

Persamaan (7) dan persamaan (8) digunakan untuk menentukan nilai UCS. Hasil prediksi nilai UCS dari SH tercantum pada Tabel-5, didapatkan kesalahan relatif dari nilai UCS sebenarnya antara 0 – 9,26% dan rata-rata 5,06%. Tabel-6 menunjukkan prediksi nilai UCS dari PLI dengan perbedaan relatif antara 0,8 – 23,42% dan rata-rata 9,28%. Sedangkan pada Tabel-7 diperoleh prediksi nilai UCS dari SH dengan perbedaan relatif antara 0 – 13,04%, rata-rata 5,06%. Adapun perbedaan relatif dihitung menggunakan persamaan (11), di mana Z_1 nilai pertama dan Z_2 nilai kedua.

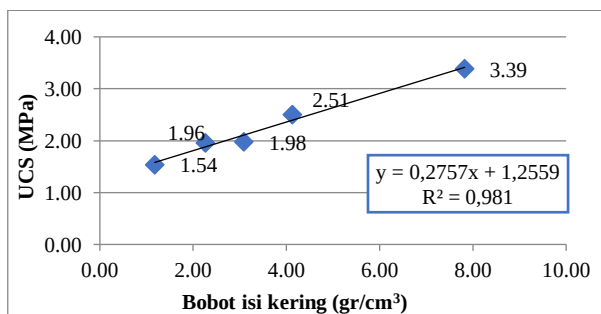
$$Er = \left[\frac{Z_1 - Z_2}{\frac{Z_1 + Z_2}{2}} \right] \cdot 100\% \dots\dots\dots (11)$$

Persamaan empiris yang diperoleh dari korelasi nilai UCS terhadap *Schmidt Hammer* & PLI dilakukan perbandingan dengan persamaan dari beberapa peneliti. Untuk estimasi nilai UCS terhadap *Schmidt Hammer* (Rebound Value) menggunakan persamaan (12) oleh Haramy & DeMarco (1985) dan untuk estimasi nilai UCS terhadap PLI menggunakan persamaan (13) oleh Zuhair Kadhim Jahanger (2013). Adapun dari hasil perbandingan tersebut dapat dilihat pada Tabel-7. dan Tabel-8.

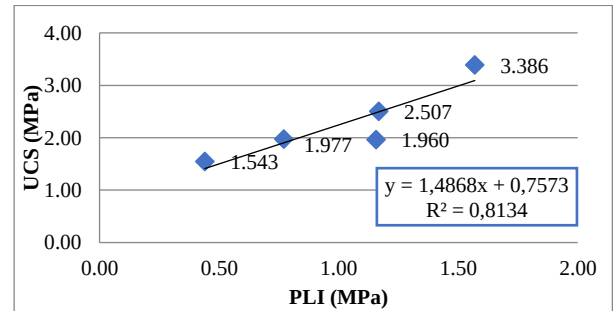
$$UCS = 0,094. SH - 0,383 \dots\dots\dots (12)$$

$$UCS = 5,28. PLI \dots\dots\dots (13)$$

Gambar-7 menunjukkan plot nilai prediksi UCS dari persamaan yang diperoleh pada penelitian ini memiliki kemiringan garis lebih tegak dibanding garis plot nilai prediksi UCS hasil perhitungan menggunakan persamaan



Gambar-3. Grafik korelasi nilai UCS terhadap bobot isi kering



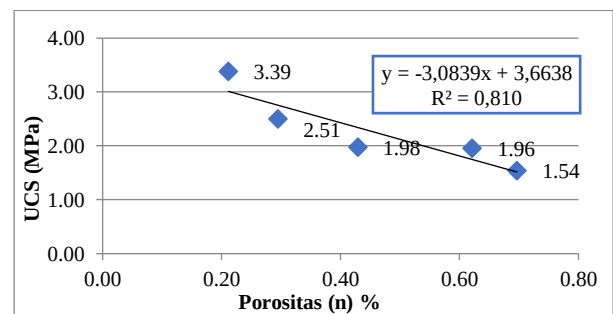
Gambar-2. Grafik korelasi nilai UCS batulempung terhadap nilai PLI

Haramy & De Marco (1985). Perbedaan ini terjadi karena batu yang diuji berbeda, pada penelitian ini yang diuji batulempung, sedangkan Haramy & De Marco menguji contoh batubara. Artinya kenaikan RL batulempung lebih signifikan berpengaruh terhadap kenaikan UCS dibandingkan pada batubara.

Berdasarkan tabel-8. menerangkan bahwa nilai estimasi UCS dari hasil persamaan korelasi UCS dan PLI dengan nilai prediksi UCS dari persamaan ^[14]Zuhair Kadhim Jahanger (2013), digambarkan pada gambar-8.

Jahanger juga menguji batulempung. Meskipun uji dilakukan pada tipe batu yang sama, Gambar-8 menunjukkan perbedaan antara prediksi UCS batulempung hasil penelitian dan prediksi UCS batulempung oleh Jahanger (2013). Kemiringan garis lebih landai dibanding garis plot nilai prediksi UCS hasil perhitungan menggunakan persamaan Jahanger. Artinya kenaikan PLI batulempung yang diuji oleh Jahanger lebih signifikan berpengaruh terhadap kenaikan UCS dibandingkan pada batulempung yang diuji pada penelitian ini.

Berdasarkan perbandingan prediksi UCS ini dapat dicatat dua poin penting. Pertama, nilai PLI dan RL Schmidt Hammer selalu berkorelasi positif dengan nilai UCS. Kedua, konstanta c dan kemiringan garis m berbeda-beda tergantung litologi batu yang diuji dan asal formasinya. Dengan demikian, setiap persamaan yang menghubungkan antara PLI atau R_L dengan UCS hanya bisa digunakan sebagai pendekatan pada tipe batu dan formasi yang diuji contohnya. Persamaan ini tidak dapat dipakai pada tipe batu dan formasi lainnya. Jika ingin memprediksi UCS dari PLI atau R_L suatu batu, perlu dilaksanakan pengujian terhadap sampel batu tersebut terlebih dahulu.



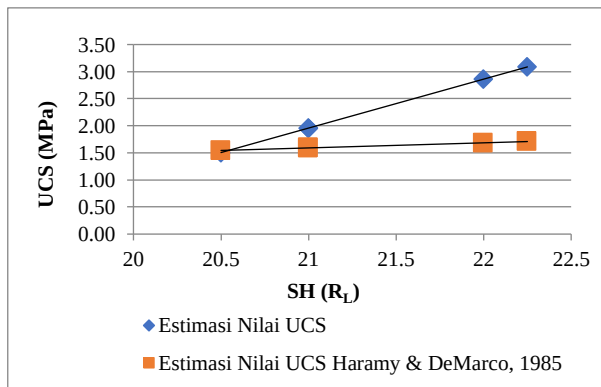
Gambar-4. Grafik korelasi nilai UCS terhadap porositas

Tabel-5. Prediksi nilai UCS dari SH

No	UCS (MPa)	SH (R _L)	Prediksi UCS (MPa)	Perbedaan relatif (%)
1	1,98	21	1,96	1,03
2	1,96	21	1,96	0
3	3,39	22,25	3,09	9,23
4	2,51	22	2,86	13,04
5	1,54	20,5	1,51	1,97

Tabel-6. Prediksi nilai UCS dari PLI

No	UCS (MPa)	PLI (MPa)	Prediksi UCS (MPa)	Perbedaan relatif (%)
1	1,98	0,77	1,90	4,12
2	1,96	1,16	2,48	23,42
3	3,39	1,57	3,09	9,26
4	2,51	1,17	2,49	0,8
5	1,54	0,44	1,41	8,8

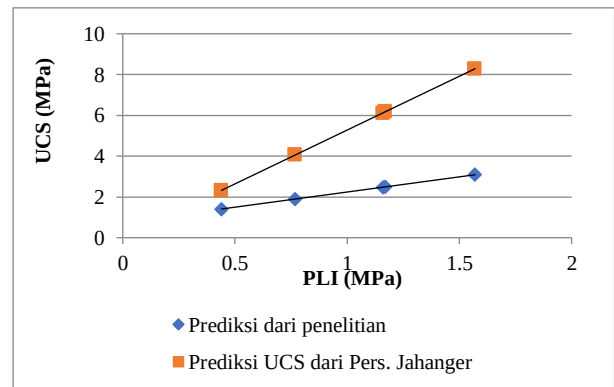

Gambar-5. Grafik perbandingan prediksi UCS hasil penelitian dan prediksi UCS dengan persamaan Haramy & DeMarco (1985) dari Schmidt Hammer

Tabel-7. Perbandingan Estimasi Nilai UCS dan Persamaan Haramy & DeMarco (1985) Pada Schmidt Hammer

UCS (MPa)	SH (R _L)	Prediksi UCS dari penelitian	Prediksi UCS (Haramy & DeMarco, 1985)
1,98	21	UCS = 0,9035.SH - 17,016	1,59
1,96	21		1,59
3,39	22,25		1,71
2,51	22		1,69
1,54	20,5		1,54

Tabel-8. Perbandingan Estimasi Nilai UCS dan Persamaan Zuhair Kadhim Jahanger (2013) Pada PLI

UCS (MPa)	PLI (MPa)	Prediksi UCS dari penelitian	Prediksi UCS (Zuhair Kadhim Jahanger, 2013)
1,98	0,77	UCS = 1,4868.PLI + 0,7573	4,07
1,96	1,16		6,12
3,39	1,57		8,29
2,51	1,17		6,18
1,54	0,44		2,32


Gambar-6. Grafik perbandingan prediksi UCS hasil penelitian dan prediksi UCS dengan persamaan Zuhair Kadhim Jahanger (2013) dari PLI

KESIMPULAN

Uji UCS, PLI, dan SH telah dilakukan terhadap sampel batulempung dari Formasi Warukin dan diperoleh kesimpulan.

1. UCS batulempung contoh berkisar 0,63 – 3,39 MPa, rebound number Schmidt Hammer 20,50 – 22,25, dan PLI 0,44 – 1,57 MPa.
2. Hubungan antara UCS terhadap Schmidt Hammer dan UCS terhadap PLI telah menunjukkan ko relasi linier positif yaitu semakin besar nilai PLI dan Schmidt Hammer maka semakin besar pula nilai UCS nya.
 - a. Korelasi UCS dan Schmidt Hammer diperoleh persamaan empiris batulempung yaitu $UCS = 0,9035.SH - 17,0160$; UCS (MPa) & SH (Rebound Value).
 - b. Korelasi UCS dan PLI diperoleh persamaan empiris batulempung yaitu $UCS = 1,4868.PLI + 0,7573$; UCS (MPa) & PLI (MPa).
3. Nilai estimasi PLI dan Schmidt Hammer terhadap nilai UCS didapat sebagai berikut :
 - a. Dari nilai yang didapat menjelaskan bahwa dengan beda nilai Schmidt Hammer setiap 0,25 maka diperoleh nilai estimasi UCS sebesar 0,23 MPa setiap perubahan 0,25 dari nilai Schmidt Hammer (RL).
 - b. Dari nilai yang didapat menjelaskan bahwa dengan beda nilai PLI setiap 0,40 MPa maka diperoleh nilai

estimasi UCS sebesar 0,60 MPa setiap perubahan 0,40 dari nilai PLI (MPa).

Melalui perbandingan prediksi menggunakan persamaan linier yang didapatkan dari penelitian ini dan prediksi menggunakan persamaan empiris dari penelitian terdahulu, diketahui bahwa persamaan alternatif penentuan nilai UCS dari PLI dan SH tidak bersifat universal melainkan spesifik berlaku hanya pada satu litologi dan formasi yang sama. Sehingga disarankan apabila ingin menggunakan nilai PLI dan SH untuk memprediksi UCS, perlu menggunakan persamaan yang didapatkan dari analisis data hasil pengujian terhadap batu yang akan diprediksi kekuatannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rai, M.A., Kramadibrata, S., dan Wattimena, R.K. 2010. *Mekanika Batuan*. Laboratorium Geomekanika dan Peralatan Tambang Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [2] Kim, J. K. et al. 2008. Effect of carbonation on the rebound number and compressive strength of concrete. *Cement & Concrete Composites*. Vol. 31. Pages 139–144.
- [3] Ozturk, H. 2017. The estimation of uniaxial compressive strength conversion factor of trona and interbeds from point load tests and numerical

modeling. *Journal of African Earth Sciences*. Vol 131. Pages 71-79.

- [4] Elhakim, A. F. 2015. The use of point load test for Dubai weak calcareous sandstones. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*. Vol. 7. Pages 452-457.
- [5] Kahraman, S. 2014. The determination of uniaxial compressive strength from point load strength for pyroclastic rocks. *Engineering Geology*. Vol 170. Pages 33-42.
- [6] Yin, J. H., et. al. 2017. Point load strength index of granitic irregular lumps: Size correction and correlation with uniaxial compressive strength. *Tunnelling and Underground Space Technology*. Vol. 70. Pages 388-399.
- [7] Wong, R. H. C., et. al. 2017. Uniaxial compressive strength and point load index of volcanic irregular lumps. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*. Vol. 93. Pages 307-315.
- [8] Karaman, K. et al. 2015. Use of the point load index in estimation of the strength rating for the RMR system. *Journal of African Earth Sciences*. Vol. 106. Pages 40-49.
- [9] Sheshde, E.A. dan Cheshomi, A. 2015. New method for estimating unconfined compressive strength (UCS) using small rock samples. *Journal of Petroleum Science and Engineering*.
- [10] Palassi, M. and Pripanahi. M. 2013. Edge load strength test for indirect estimation of unconfined compressive strength. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*. Vol. 61. Pages 111-117.
- [11] 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.
- [12] Ulusay R. 2014. The ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring : 2007-2014 (Orange Book). International Society for Rock Mechanics.
- [13] Sarwono, Jonathan. 2009. *Statistik Itu Mudah: Panduan Lengkap Belajar Komputasi Statistik (Menggunakan SPSS 16)*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [14] Jahanger, K.Z. 2013. *Correlation Between Point Load Index and Very Low Uniaxial Compressive Strength of Some Iraqi Rocks*, Civil engineering, Australian Journal of Basic and Applied Sciences, Australia.