

# ANALISIS PENGARUH TINGKAT PELAPUKAN TERHADAP KEKUATAN BATUAN (STUDI KASUS PADA BATULEMPUNG DARI FORMASI WARUKIN)

Dini Ayu Hanifah\*, Eko Santoso, Kartini

Program Studi Teknik Pertambangan, FT Universitas Lambung Mangkurat  
 Jalan Achmad Yani KM 35,5 Banjarbaru, Kalimantan Selatan, Indonesia, Kode Pos 70714  
 e-mail: \*[diniayuhanifah4513@gmail.com](mailto:diniayuhanifah4513@gmail.com), [eko@ulm.ac.id](mailto:eko@ulm.ac.id), [kartini@ulm.ac.id](mailto:kartini@ulm.ac.id)

## ABSTRAK

Penentuan tingkat pelapukan yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode yang lebih sederhana dan sering digunakan serta dengan biaya yang terjangkau yaitu dengan pengamatan lapangan secara *visual* deskriptif dan pengujian di laboratorium berdasarkan uji UCS (Uniaxial Compressive Strength), *Schmidt Hammer*, dan PLI (Point Load Index). Metodologi yang dilakukan dan digunakan pada penelitian ini meliputi, data tingkat pelapukan berdasarkan pengamatan secara deskripsi visual yang mengacu pada penelitian terdahulu, data uji sifat fisik batulempung, dimensi batulempung, nilai *rebound* dari alat *schmidt hammer*, dan nilai kuat tekan batulempung menggunakan alat UCS (uniaxial compressive strength) dari 10 sampel batulempung, serta nilai PLI. Berdasarkan pengamatan lapangan secara visual deskriptif adapun tingkat pelapukan batulempung dalam penelitian ini termasuk ke dalam tingkat pelapukan III (lapuk sedang), IV (lapuk kuat), dan V (lapuk sempurna) yang mewakili 10 sampel ( mengacu pada penelitian Sadisun dkk, 1998 ). Sedangkan berdasarkan nilai UCS yang didapatkan dari nilai kuat tekan tertinggi sampai terendah dari 10 sampel yaitu sebesar 3,39 MPa masuk ke dalam tingkat pelapukan III (lapuk sedang), 1,98 MPa masuk ke dalam tingkat pelapukan IV (lapuk kuat), serta 0,63 MPa masuk ke dalam tingkat pelapukan V (lapuk sempurna). Berdasarkan hasil dari nilai *rebound* yang didukung dengan penelitian menurut ahli Hencer dan Martin (1982), tingkat pelapukan batulempung dalam penelitian ini masuk ke dalam *highly weathered* (lapuk kuat) dengan nilai *rebound* rata-rata sebesar  $N < 25$ . Dan berdasarkan dari nilai PLI tingkat pelapukan pada penelitian ini masuk ke dalam tingkat pelapukan III dan IV.

**Kata-kata kunci:** tingkat pelapukan, uniaxial compressive strength, schmidt hammer, point load index

## PENDAHULUAN

Salah satu sifat mekanika batuan yang sangat penting pada kegiatan pertambangan dan teknik sipil adalah kuat tekan batuan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan suatu batuan ialah jenis batuan, tekstur permukaan batuan, komposisi mineral, dan tingkat pelapukan batuan serta peningkatan porositas dan kehadiran struktur aliran (Rai, dkk, 2014). Pada penelitian ini akan fokus pada pengaruh pelapukan batuan terhadap kekuatan batuan. Hal ini karena Indonesia merupakan salah satu negara tropis yang memiliki tingkat pelapukan batuan yang tinggi. Pelapukan adalah proses alterasi dan pemecahan material tanah dan batuan pada dan dekat permukaan bumi oleh proses kimia, fisika dan biologis untuk membentuk tanah liat, oksida besi, dan produk pelapukan lainnya (Ollier 1984; Selby 1993; Anon 1995).

Kuat tekan adalah kemampuan batuan untuk menerima beban hingga pecah bila diberi beban dan tekanan. Pengujian kuat tekan dimaksudkan untuk menentukan ketahanan material batuan bila diberikan beban. *Uniaxial Compressive Strength* (UCS) atau biasa juga disebut dengan *Unconfined Compressive Strength* pada batuan dianggap sebagai parameter penting dalam analisis masalah geoteknik seperti peledakan batuan dan terowongan. Metode lain yang dapat digunakan untuk menentukan kuat tekan batuan adalah menggunakan alat *Schmidt Hammer*.

penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh tingkat pelapukan batuan berdasarkan hasil dari uji UCS (Uniaxial Compressive Strength), *schmidt hammer*, dan PLI (Point Load Index) serta sampel yang digunakan pada penelitian ini merupakan sampel bukan *intact* melainkan sampel *coring* hasil pemboran yang sudah  $\pm 2$  tahun tersimpan dalam gudang penyimpanan.

## METODOLOGI.

Metodologi yang dilakukan dan digunakan pada penelitian ini meliputi, data tingkat pelapukan berdasarkan pengamatan secara deskripsi visual yang mengacu pada penelitian terdahulu, data uji sifat fisik batulempung (berat asli ( $W_n$ ), berat jenuh ( $W_s$ ), berat jenuh tergantung ( $W_g$ ), berat kering ( $W_d$ ) yang kemudian data tersebut diolah untuk mendapatkan nilai *dry density* dan porositas, dimensi batulempung, nilai *rebound* dari alat *schmidt hammer*, dan nilai kuat tekan batulempung menggunakan alat UCS (uniaxial compressive strength) dari 10 sampel batulempung, serta nilai PLI.

Metode pengolahan data yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan persamaan-persamaan berdasarkan kajian pustaka. Pengujian sifat fisik sampel batu lempung yaitu dengan perhitungan *dry density* ( $\rho_d$ ) dan porositas. Pengujian kuat tekan sampel batulempung yaitu dengan perhitungan kuat tekan uniaksial ( $\sigma_c$ ) dan pengujian *schmidt hammer* dengan memerhatikan nilai *rebound* serta perhitungan uji PLI dengan memerhatikan nilai dari  $I_s$  (MPa).

### *Uniaxial Compressive Strength*

Uji ini menggunakan mesin tekan (*Compression Machine*) untuk menekan contoh batu yang berbentuk silinder, balok atau prisma dari satu arah (*Uniaxial*). Perbandingan antara tinggi dan diameter sampel ( $l/d$ ) mempengaruhi nilai kuat tekan batuan. Untuk pengujian kuat tekan digunakan yaitu  $2 < l/d < 2,5$ . Semakin besar maka kuat tekannya bertambah kecil seperti ditunjukkan oleh persamaan-persamaan berikut.

$$\text{Menurut ASTM : } \sigma_c (l = d) = \sigma_c \quad (1)$$

$$\text{Menurut Proto Diakonov : } \sigma_c (l = 2d) = \sigma \quad (2)$$

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

Diameter ( $d$ ), panjang ( $l$ ), tegangan ( $\sigma$ ), besarnya gaya yang bekerja pada percontohan batuan pada saat terjadi keruntuhan (*failure*) sehingga pada grafik merupakan keadaan yang paling puncak ( $F$ ), luas penampang sampel ( $A$ ). Dari hasil uji kuat tekan didapatkan kurva tegangan-regangan (*stress-strain*), *Modulus Young*, Nisbah Poisson dan nilai kuat tekan.

**Schmidt Hammer**

*Schmidt Hammer* merupakan alat untuk mengukur sifat elastis atau kekuatan beton atau batu, terutama kekerasan permukaan suatu batuan. Pengujian *Schmidt hammer* pada penelitian ini menggunakan standar ISRM (*international society rock mechanics*). Sampel yang digunakan sebanyak 10 buah.

Menurut ahli Hencer dan Martin pada tahun 1982, penentuan tingkat pelapukan batuan dengan menggunakan pendekatan manual text index test (*Schmidt Rebound*), yaitu:

1. *Fresh*
2. *Slightly weathered* (*schmidt rebound* “N” > 45 )
3. *Moderately weathered* ( 25 < “N” < 45 )
4. *Highly weathered* ( “N” < 25 )
5. *Completed weathered* ( < 250 KPa )
6. *Residual soil*

**Point Load Index**

Uji *point load* merupakan uji indeks yang telah secara luas digunakan untuk memprediksi nilai UCS suatu batuan secara tidak langsung di lapangan. *Point load test* atau pengujian titik beban merupakan substansi pengujian dari faktor kehadiran bidang lemah yang mempengaruhi kecepatan rambat gelombang ultrasonik dari suatu batuan (spesimen batuan). Percontoh batuan dapat berbentuk silinder.

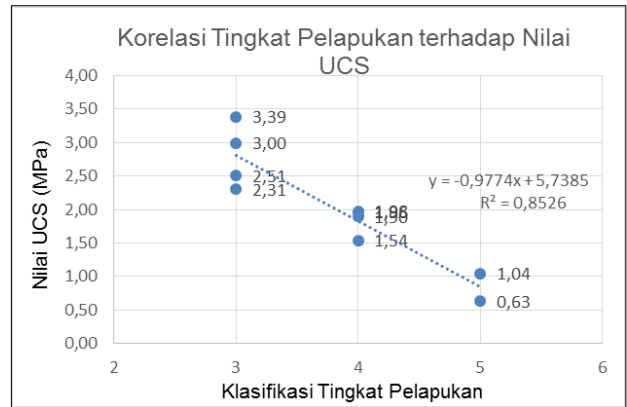
Menurut Broch & Franklin (1972), *index point load* ( $I_s$ ) suatu contoh batuan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

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

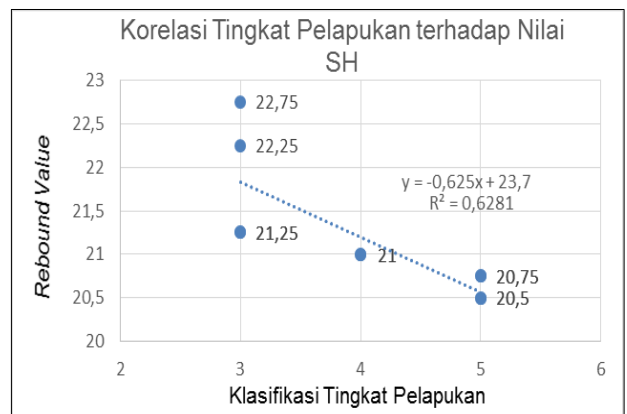
*Point load strength index* ( $I_s$ ), beban maksimum sampai percontoh pecah ( $P$ ), jarak antara dua konus penekan ( $D$ ).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

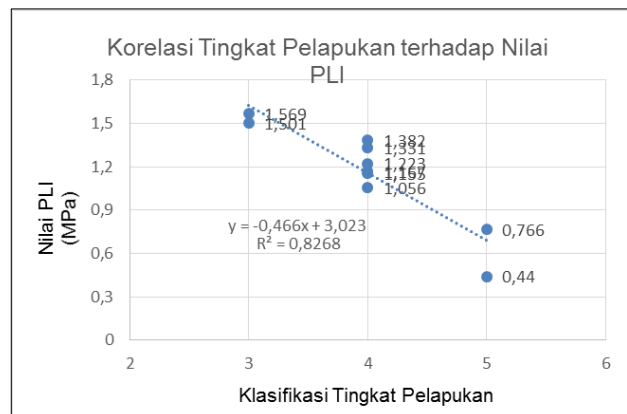
Batuan yang dipakai dalam penelitian ini merupakan batulempung yang sudah tersimpan di dalam gudang sampel Asam-Asam selama kurang lebih 2 tahun dan bukan merupakan batuan segar hasil dari pemboran langsung. Batulempung *intact* nilai kuat tekannya berkisar antara 10,81 - 27,00 MPa. Kedalaman sampel batulempung yang digunakan pada penelitian ini berkisar antara 12 meter sampai 52 meter. Pada penelitian ini juga didapatkan kesimpulan bahwa semakin mendekati permukaan maka sampel akan semakin lapuk dan nilai dari kekuatan batuan tersebut juga semakin rendah. Sehingga, pada penelitian ini kedalaman sampel juga berpengaruh terhadap nilai kuat tekan yang dihasilkan batuan tersebut.



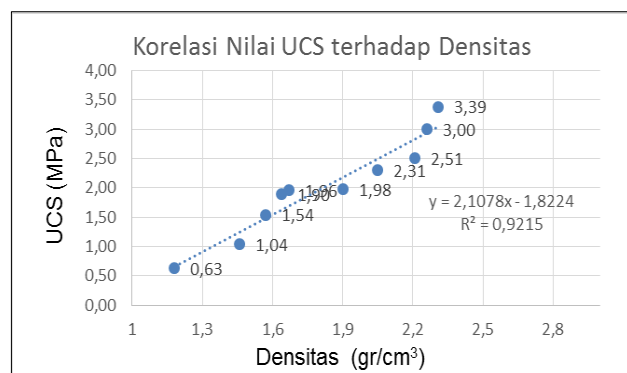
Gambar-1. Korelasi Tingkat Pelapukan terhadap Nilai UCS



Gambar-2. Korelasi Tingkat Pelapukan terhadap Nilai SH



Gambar-3. Korelasi Tingkat Pelapukan terhadap Nilai PLI



Gambar-4. Korelasi UCS terhadap Densitas Batulempung

Berdasarkan pengamatan lapangan secara visual deskriptif adapun tingkat pelapukan batulempung dalam penelitian ini termasuk ke dalam tingkat pelapukan III (lapuk sedang), IV (lapuk kuat), dan V (lapuk sempurna) yang mewakili 10 sampel yang mengacu pada tabel penelitian dari Sadisun dkk.

Berdasarkan nilai UCS yang didapatkan dari nilai kuat tekan tertinggi sampai terendah dari 10 sampel yaitu sebesar 3,39 MPa masuk ke dalam tingkat pelapukan III (lapuk sedang), 1,98 MPa masuk ke dalam tingkat pelapukan IV (lapuk kuat), serta 0,63 MPa masuk ke dalam tingkat pelapukan V (lapuk sempurna). Untuk batuan *intact* batulempung nilai kuat tekannya berkisar antara 10,81 - 27,00 MPa (Alvian dkk, 2018). Angka pada grafik menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai kuat tekan pada batulempung, maka tingkat pelapukannya akan semakin rendah.

Nilai *schmidt hammer* yang didapatkan pada grafik di bawah menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai  $R_L$  pada pengujian *schmidt hammer*, maka tingkat pelapukan batulempung dalam penelitian ini akan semakin rendah. Sebaliknya, jika nilai  $R_L$  pada batulempung dalam pengujian ini semakin menurun atau rendah maka tingkat pelapukannya akan semakin tinggi. Dan berdasarkan hasil dari nilai *rebound* yang didukung dengan penelitian menurut ahli Hencer dan Martin (1982), tingkat pelapukan batulempung dalam penelitian ini masuk ke dalam *highly weathered* (lapuk kuat) dengan nilai *rebound* rata-rata sebesar  $N < 25$ .

Dari hasil perhitungan kekuatan batuan berdasarkan pengujian PLI menunjukkan bahwa semakin menurun nilai PLI, maka semakin meningkat tingkat pelapukan batuan. Teori ini didukung dengan teori sebelumnya dari tesis School of Engineering in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Civil Engineering University of North Florida School of Engineering 2011.

Densitas rata-rata batulempung yang didapatkan dari penelitian ini sebesar 1,82. Grafik korelasi antara densitas batulempung dan kuat tekan uniaksial menunjukkan bahwa nilai densitas dan nilai kuat tekan uniaksial berbanding lurus. Semakin tinggi nilai densitas batulempung, maka semakin tinggi pula kekuatan batuan tersebut serta semakin rendah tingkat pelapukannya dan sebaliknya, jika nilai densitas dan nilai kuat tekannya rendah maka besar kemungkinan bahwa tingkat pelapukan pada batulempung akan semakin tinggi.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian serta uraian pada bab-bab sebelumnya, maka pada penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengamatan lapangan secara visual deskriptif adapun tingkat pelapukan batulempung dalam penelitian ini termasuk ke dalam tingkat pelapukan III (lapuk sedang), IV (lapuk kuat), dan V (lapuk sempurna).
2. Nilai uji kuat tekan uniaksial (UCS) dari 10 kali percobaan yang dilakukan pada batulempung yaitu berkisar 0,628 – 3,386 MPa dengan nilai kekuatan paling tinggi pada sampel UCS1 = 3,386 MPa dan untuk nilai kekuatan terkecil pada sampel UCS10 = 0,628 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan berdasarkan

nilai *rebound* (*schmidt hammer*) dari 10 kali percobaan yang dilakukan pada batulempung yaitu berkisar 20,5 – 22,75 dengan nilai kekuatan paling tinggi pada sampel SH1 = 22,75 dan untuk nilai kekuatan terkecil pada sampel SH7, dan SH10 = 20,5. Dan nilai kuat tekan pada pengujian PLI dalam 10 kali percobaan didapatkan hasil dari yang tertinggi hingga terendah yaitu 1,569 MPa - 0,44 MPa.

3. Semakin tinggi tingkat pelapukan batulempung maka semakin rendah nilai UCS, nilai *rebound* pada *schmidt hammer*, dan nilai PLI, sebaliknya jika semakin rendah tingkat pelapukan batulempung maka semakin tinggi nilai UCS, nilai *rebound*, dan nilai PLI.

Berdasarkan hasil penelitian saran-saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Sebaiknya pada penelitian selanjutnya bisa menggunakan batulempung *intact* hasil dari pemboran lapangan.
2. Sebaiknya untuk penelitian selanjutnya dapat melaksanakan uji laboratorium petrografi sebagai pendukung penelitian menggunakan sampel batulempung untuk mengetahui tingkat pelapukan suatu batuan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ucapkan puji syukur dan terima kasih sebesar-besanya terhadap Allah SWT dan Nabi besar Muhammad SAW karena berkat karunia dan pertolongan-Nya lah sehingga penelitian ini dapat terlaksana sesuai dengan keinginan penulis. Dan tidak lupa saya ucapkan terima kasih banyak kepada orang tua, keluarga, dosen pembimbing, dosen Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Lambung Mangkurat serta staf dan kawan-kawan semuanya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu atas doa, dukungan dan semangat yang telah diberikan kepada saya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budiman, Alfian dkk. 2018. Hubungan Kuat Tekan Batuan (UCS) Tidak Langsung Dengan Porositas Pada Formasi Keutapang Atas Pada Lapangan Gas Arun, Cekungan Sumatera Utara Dengan Menggunakan Data Log Sonik. Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran: Bandung.
- [2] Farah, Raoaa. 2011. *Correlation Between Index Properties and Unconfined Compressive Strength of Weathered Ocala Limestone. Theses and Dissertation University of North Florida: North Florida.*
- [3] Hakim, Romla N., Santoso, Eko dan Melati, Sari. 2015. *Bahan Ajar Mekanika Batuan "Pendahuluan"*. Universitas Lambung Mangkurat: Banjarbaru.
- [4] ISRM (1985). "Suggested method for determining point load strength." *International Journal of Rock Mechanics, Mining Sciences, and Geomechanics Abstracts*, 22(2), 51-60.
- [5] Rai, M.A., Kramadibrata, Suseno dan Wattimena, Ridho Kresna. 2014. *Mekanika Batuan*. Bandung:

Laboratorium Geomekanika dan Peralatan Tambang  
Institut Teknologi Bandung.

- [6] Rai, M.A., K., S dan W, R.K. 2011. *Mekanika Batuan*. Bandung: Laboratorium Geomekanika dan Peralatan Tambang Institut Teknologi Bandung.
- [7] Sadisun, I. A., Assegaf, A., dan Purwanto, P., 1997. Identifikasi sifat mengembang batulempung Formasi Subang dan tanah pelapukannya melalui pendekatan statistik. Prosiding PIT IAGI ke-26, hal. 1029-1033.
- [8] Sadisun, I. A., Rochaddi, B., dan Abidin D. Z., 1998. Pengaruh Perubahan Derajat Pelapukan Batuan Terhadap Beberapa Karakter Perubahan Sifat Keteknikan Batuan; sebuah Studi Kasus Pada Batulempung Formasi Subang. Prosiding Seminar Geoteknik di Indonesia Menjelang Milenium ke-3, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung, hal. IV.33-IV.40.