PROSIDING, Seminar Teknologi Kebumian dan Kelautan (SEMITAN III)
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS), Indonesia, 10 Juli 2021
ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

ANALISIS PENGARUH SIFAT FISIK BATUAN TERHADAP UJI KUAT TEKAN UNIAKSIAL DALAM REKAYASA KEMANTAPAN LERENG

Evie Noviany Dias[1], Eka Rizky Ramadhani[1], Dionesius Nani[1], Illa Firda Anggraini[1], Yuliano Eldianto Atawolo[1], Yudho Dwi Galih Cahyono[1]

[1]Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral dan Kelautan
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Jl. Arif Rahman Hakim No. 100

e-mail: eviediasz3620@gmail.com

ABSTRAK

Dalam rekayasa kestabilan lereng, terdapat beberapa parameter penting seperti kuat tekan uniaksial atau *uniaksial compressive strength* yang saling berhubungan dengan data pada mekanika batuan. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui hubungan antar parameter kuat tekan uniaksial dan sifat fisik pada sampel batu gamping dari Desa Gamping, Kecamatan Campurdarat, Kabupaten Tulungagung, Provinsi Jawa Timur. Pengujian ini dilakukan pada 6 sampel terdiri dari 3 sampel uji fisik dan 3 sampel uji kuat tekan uniaksial. Kemudian dilakukan analisis data sifat fisiknya yang terdiri dari bobot isi, kadar air, derajat kejenuhan, dan porositas, terhadap data kuat tekan uniaksial. Sehingga ditemukannya pengaruh maupun hubungan antara kedua parameter tersebut yang nantinya akan berpengaruh terhadap mekanika batuan untuk menentukan rekaya kestabilan lereng pada daerah tersebut.

Kata kunci: uji sifat fisik, uji kuat tekan uniaksial, mekanika batuan, rekayasa kestabilan lereng

ABSTRACT

In slope stability engineering, there are several important parameters such as uniaxial compressive strength or uniaxial compressive strength that are interconnected with data on rock mechanics. This study aimed to determine the relationship between uniaxial compressive strength parameters and physical properties in limestone samples from Gamping Village, Campurdarat District, Tulungagung Regency, East Java Province. This test was carried out on 6 samples consisting of 3 physical test samples and 3 uniaxial compressive strength test samples. Then the data analysis of its physical properties consisting of bulk density, water content, degree of saturation, and porosity was carried out on the uniaxial compressive strength data. So that the influence and relationship between the two parameters will be found which will later affect rock mechanics to determine the slope stability engineering in the area.

Keywords: physical properties test, uniaxial compressive strength test, rock mechanics, slope stability engineering

PENDAHULUAN

Sifat fisik dan kuat tekan uniaksial atau *uniaxial compressive strength* (UCS) merupakam salah satu parameter penentu dalam keperluan rekayasa mekanika batuan (Melati, 2019). Sifat fisik batuan diperlukan untuk perancangan jenis penggalian, penanganan batuannya, dan untuk melakukan permodelan serta pengidentifikasian masalah dalam geohidrologi tambang. Kuat tekan batuan digunakan dalam kegiatan penambangan berupa pemberaian batuan dan pemilihan metode peledakan maupun penggunaan alat-alat mekanik. Sifat fisik dan kuat tekan memiliki kaitan yang erat dengan kestabilan geoteknik lereng tambang terbuka dan lubang galian pada tambang bawah tanah (Rai et al., 2010). Sifat fisik batuan meliputi bobot isi batuan, densitas dan porositas, sedangkan kuat tekan uniaksial diantaranya Modulus Young dan Rasio Poisson yang menjadi dasar dalam permodelan geomekanik dan desain pada teknik geologi (Zhang, 2019).

Kuat tekan uniaksial (UCS) menjadi parameter yang paling sering digunakan untuk mengevaluasi kekuatan batuan. Menurut Yilmaz (2009) kekuatan batuan merupakan kriteria klasifikasi batuan dalam pengoptimalan konstruksi dan desain struktur permukaan maupun bawah permukaan. Secara umum, kekuatan, deformabilitas dan kekakuan batuan memiliki kaitan erat dengan porositas. Porositas adalah kemampuan penyerapan fluida pada formasi batuan atau ruang-ruang yang terisi fluida diantara zat padat atau mineral pada batuan (Rosari & Arsyad, 2017). Porositas dapat terbentuk oleh rongga diantara butiran atau mineral dengan ukuran, bentuk

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

dan distribusi yang berbeda namun saling berhubungan atau terputus (Pola et al., 2014).

Penelitian yang pernah dilakukan dahulu telah banyak menjelaskan porositas, derajat kejenuhan dan dampak kadar air terhadap kekuatan batu, tanah maupun campurannya. Namun analisis tentang karakteristik dan hubungan sifat fisik batuan seperti bobot isi, kadar air, derajat kejenuhan dan porositas terhadap kuat tekan uniaksial serta penerapannya dalam kemantapan suatu lereng jarang dibahas dan dilaporkan. Penelitian ini dilakukan pada daerah Tulungagung, Jawa Timur dengan tujuan untuk mengkaji pengaruh sifat fisik batuan terhadap kuat tekan uniaksial dalam rekayasa kemantapan lereng.

METODE

Dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu preparasi contoh, uji fisik dan uji UCS. Setelah dilakukan pengamatan dan pengujian maka dilakukan analisis hasil pengamatan untuk mengetahui pengaruh dari sifat fisik terhadap kekuatan batuan dengan UCS. Sampel batuan diambil di Desa Gamping, Kecamatan Campurdarat, Kabupaten Tulungagung, Provinsi Jawa Timur. Sampel diambil dalam bentuk bongkah dengan dimensi 1x1x1 meter yang kemudian dilakukan pemboran inti untuk mendapatkan contoh inti silinder.

Dalam penelitian ini menggunakan tiga conto sampel batugamping yang diambil secara acak yaitu sampel-1 (ITATS K3.1), sampel-2 (ITATS K3.2), dan sampel-3 (ITATS K3.3).

PREPARASI CONTOH

Dalam tahapan ini, sampel yang telah didapatkan dipotongan agar sesuai dengan prosedur ISMR. Contoh yang telah diambil dalam bentuk bongkah kemudian dipotong menjadi balok-balok dengan ukuran L=2D sesuai dengan ukuran alat uji UCS.

Setelah dilakukan pemotongan kemudian dilakukan penghalusan manual dengan ampelas. Untuk toleransi ketidakrataan permukaan sebesar ± 0.1mm. Pengahalusan ini dilakukan agar tegangan akibat penekanan tersebar secara rata. Permukaan sampel yang tidak rata dan halus akan menyebabkan pengurangan kekuatan batuan karena tidak semua permukaan mengalami kontak sehingga tegangan hanya terkonsentrasi pada bagian yang terkena kontak.

UJI SIFAT FISIK

Dalam uji sifat fisik diperlukan alat alat untuk uji seperti neraca ohaus untuk menimbang sampel sebelum uji dan setelah uji, cawan, pompa vakum, desikator, dan oven. Pengujian sifat fisik ini mengacu pada *International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering (ISMR).*

Prosedur dalam pengujian ini adalah sebagai berikut: Pertama sampel ditimbang dengan neraca untuk mengetahui berat asli (Wn), kemudian contoh dijenuhkan dengan desikator selama semalaman atau 24 jam, kemudian ditimbang ulang untuk mendapatkan dan berat jenuh (Ww) dan berat tergantung (Ws). Dan yang terakhir sampel dikeringkan dengan bantuan oven untuk mendapatkan berat kering (Wo). Dalam kondisi itu, sampel berada pada satuan gram.

Parameter yang didapat dalam uji fisik yaitu bobot isi asli, bobot isi kering, bobot isi jenuh, kadar air asli, kadar air jenuh, derajat kejenuhan, porositas dan void ratio. Yang dihitung dengan persamaan yang ada dibawah ini:

$$\rho_n = \frac{Wn}{Ww - Ws} \quad \text{.....(1)}$$

$$\rho_d = \frac{Wo}{Ww - Ws} \quad \text{.....(2)}$$

$$\rho_s = \frac{Ww}{Ww - Ws} \quad \text{.....(3)}$$

$$W = \frac{Wn - Wc}{Wo} \text{ x 100 % .....(4)}$$

$$S = \frac{Wn - Wo}{Ww - Wo} \text{ x 100 % .....(5)}$$

$$n = \frac{Ww - Wo}{Ww - Ws} \text{ x 100 % .....(6)}$$

$$e = \frac{n}{1 - n} \quad \text{.....(7)}$$

UJI KUAT TEKAN UNIAKSIAL

Sampel dibentuk silinder dengan perbandingan ukuran antara panjang dan diameter 2-2.5 kali diameternya atau L=2D atau seukuran dengan alat uji UCS, untuk menghindari bertemunya tegangan dalam kondisi L/D = 1. Diameter sampel diukur hingga mendekati ketelitian 0.1 mm, dan akan diletakkan dalam plat alat uji. Kemudian diatur tekanan, gaya, dan beban yang akan digunakan untuk menekan sampel tersebut hingga terbelah atau hancur. Hasilnya akan terlihat melalui *record* computer dan data dari *software* berupa grafik yang telah terhubung

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

dengan alat. Adapun persamaan yang digunakan dalam uji ini yaitu sebagai berikut:

$\sigma c = F/A$ ……(8)

$A = ¼ \pi D^2$ ……(9)

Dimana σc adalah kuat tekan uniaksial, F adalah gaya yang bekerja, A adalah luas penampang awal sampel yang dihitung dengan luas lingkaran, D merupakan diameter sampel dan π merupakan konstanta.

HASIL DAN DISKUSI

Pengujian sifat fisik dan kuat tekan uniaksial telah dilaksanakan terhadap 6 sampel batu gamping, yang terbagi menjadi 3 sampel untuk pengujian sifat fisik dan 3 sampel untuk pengujian kuat tekan uniaksial. Dari hasil pengujian sifat fisik batuan didapatkan data berupa bobot isi asli (gr/cm³), bobot isi kering (gr/cm³), bobot isi jenuh (gr/cm³), kadar air asli (%), kadar air jenuh (%), derajat kejenuhan (%) dan porositas (%), dapat dilihat pada Tabel 1. Sedangkan hasil pengujian kuat tekan uniaksial didapatkan data berupa *uniaxial compressive strength* (MPa) dan modulus young (MPa), dapat dilihat pada Tabel 2.

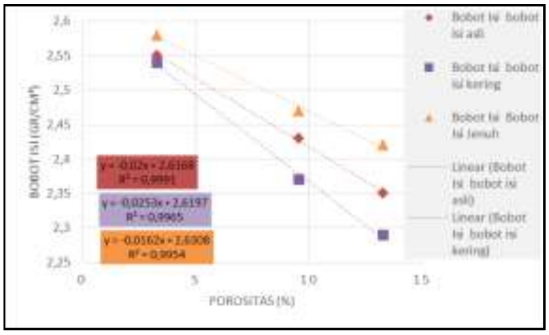
Tabel 1. Data Hasil Pengujian Sifat Fisik Batu Gamping

Sampel	K3.1	K3.2	K3.3	Rata-Rata
Bobot Isi Asli (gr/cm³)	2,55	2,35	2,43	2,44
Bobot Isi Kering (gr/cm³)	2,54	2,29	2,37	2,40
Bobot Isi Jenuh (gr/cm³)	2,58	2,42	2,47	2,49
Kadar Air Asli (%)	0,37	2,61	2,29	1,76
Derajat Kejenuhan (%)	28,38	45,11	57,02	43,50
Porositas (%)	3,28	13,25	9,53	8,69

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

Tabel 1. menunjukkan data rata-rata hasil pengujian diantaranya bobot isi asli 2,44 gr/cm³, bobot isi kering 2,40 gr/cm³, bobot isi jenuh 2,49 gr/cm³, kadar air asli 1,76% dan porositas 8,69%. Berdasarkan hasil pengujian tersebut dapat dikatakan bahwa porositas atau komposisi rongga akan mempengaruhi nilai bobot isi pada setiap sampel. Dengan kata lain nilai porositas sampel berbanding terbalik dengan nilai bobot isi sampel.

Hubungan antara porositas dan bobot isi dapat dilihat pada grafik korelasi linear dengan koefisien determinasi (R^2). Kofesien determinasi digunakan untuk mengukur seberapa jauh kemampuan model dalam menerangkan variabel independen dengan rentang nilai antara 0-1. Nilai R^2 yang kecil menandakan bahwa kemampuan variabel independen dalam menerangkan variabel dependen sangat terbatas dan nilai R^2 yang mendekati 1 menandakan kemampuan variabel independen sangat mempengaruhi variabel dependen dengan memberikan informasi yang dibutuhkan secara detail.



Gambar 1: Korelasi antara porositas (%) dengan bobot isi (gr/cm³)

Berdasarkan gambar 1, parameter variabel independen adalah bobot isi asli, bobot isi kering dan bobot isi jenuh. Sedangkan parameter variabel dependen adalah porositas. Nilai R^2 sebesar 0,9991 pada kondisi asli, 0,9965 pada kondisi kering dan 0,9954 pada kondisi basah. Sehingga semakin rendah densitas batuan maka persentase porinya akan semakin besar, terutama pada kondisi batuan yang kering.

Porositas terbentuk dari gabungan butir dengan berbagai ukuran. Batugamping memiliki porositas yang rendah karena antarbutir mineralnya saling mengunci meskipun ukurannya tidak seragam. Sebagian pori-pori batuan dapat terisi oleh air dan sebagiannya lagi terisi oleh udara. Berat air keseluruhan yang ada pada batuan ditunjukkan oleh

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

nilai kadar air dari hasil pengujian fisik batuan. Pada keadaan kering, seluruh pori-pori batuan hanya terisi udara dan tersisa fase padatan yang ditimbang setelah contoh dikeringkan. Bobot isi kering didapati dari hasil pengurangan air pada bobot isi asli. Rata-rata bobot isi asli 2,44 gr/cm^3 mengalami penurunan sebesar 0,04 gr/cm^3 menjadi 2,40 gr/cm^3 untuk nilai rata-rata bobot isi kering. Sehingga dapat disimpulkan bahwa, nilai porositas akan mempengaruhi bobot isi kering sedangkan kadar air akan mempengaruhi nilai bobot isi asli.

Rata-rata nilai derajat kejenuhan adalah 43,50% yang berarti sebanyak 43,50% pori batuan terisi air pada kondisi asli. Sedangkan pada kondisi jenuh, air akan mengisi semua pori-pori batuan, sehingga nilai kondisi jenuh akan bertambah atau cenderung lebih tinggi daripada kondisi aslinya. Hal ini menandakan, penambahan bobot isi pada kondisi jenuh bergantung pada sisa pori yang belum terisi air. Rata-rata bobot isi asli 2,44 gr/cm^3 dan mengalami kenaikan sebesar 0,05 gr/cm^3 menjadi 2,49 gr/cm^3 untuk nilai rata-rata bobot isi jenuh.

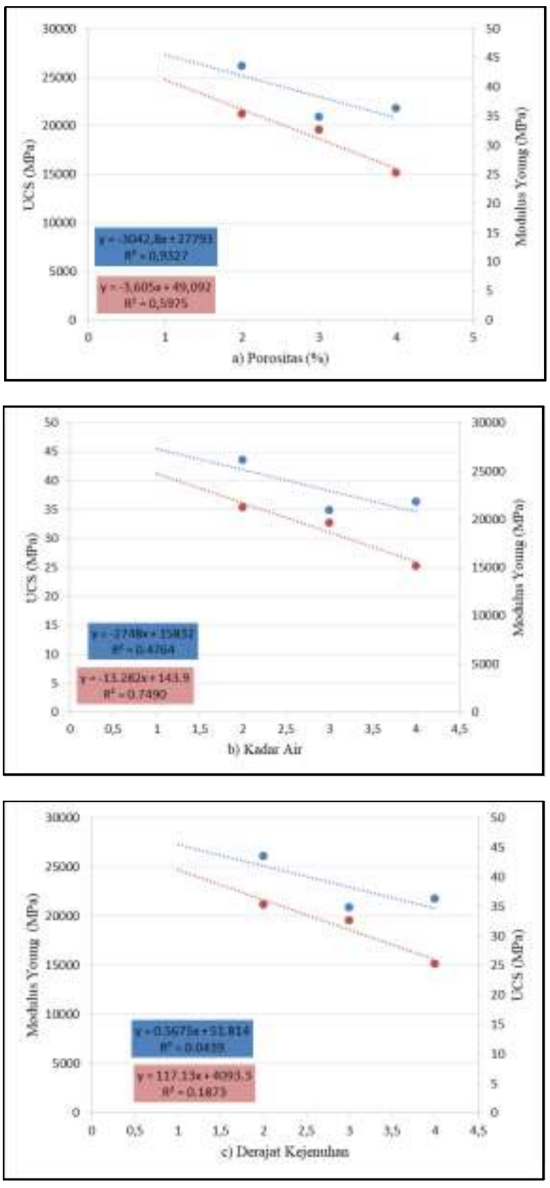
Tabel 2. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Uniaksial Batu Gamping

Sampel	***Uniaxial Compressive Strength* (MPa)**	**Modulus Young (MPa)**
K3.1	43,59	21.235,50
K3.2	34,86	19.608,75
K3.3	36,38	15.150,00
Rata-rata	38,28	18.664,75

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

Tabel 2 menunjukkan data rata-rata hasil pengujian diantaranya *uniaxial compressive strength* 38,28 MPa berkisar antara 34,86 MPa – 43,59 MPa dan Modulus Young 18.664,75 MPa berkisar antara 15.150,00 MPa – 21.235,50 MPa. Nilai UCS didapati dari nilai tegangan pada saat conto batuan hancur. Pada hasil akhir pengujian, ditemukan bahwa setiap sampel batuan hancur pada beban 11.991,60 kg dan adanya indikasi hubungan tegangan dengan regangan aksial yang berbanding lurus. Semakin besar tegangan yang diterima sampel maka regangannya pun akan semakin besar.

Nilai Modulus Young dipengaruhi oleh tipe batuan yang akan bernilai besar apabila diukur tegak lurus perlapisannya daripada diukur searah. Dengan menghitung nilai rata-rata tegangan dan juga rata-rata regangan aksial yang diperoleh, maka dapat ditentukan nilai Modulus Young.



Gambar 2: Korelasi UCS dan Modulus Young dengan a) Porositas, b) Kadar Air, dan c) Derajat Kejenuhan

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

Berdasarkan gambar 2, ditemukan korelasi antara UCS dan Modulus Young dengan parameter sifat fisik yang dihubungkan dengan nilai R^2 yang memiliki pengaruh berbeda. Hasil perhitungan dan persentase pengaruh tiap parameter dapat dilihat pada tabel 3 yang menunjukkan pengaruh hasil analisis regresi linear.

Tabel 3. Hubungan Antara UCS dan Modulus Young dengan Porositas, Kadar Air dan Derajat Kejenuhan berdasarkan nilai R^2

Nilai	Porositas	Kadar Air	Derajat Kejenuhn
UCS (R^2)	0,9327	0,4764	0,0439
Modulus Young (R^2)	0,5979	0,7490	0,1837

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 3 menunjukkan nilai R^2 antara UCS dan Modulus Young dengan parameter sifat fisik yang menunjukan bahwa nilai kekuatan batuan akan dipengaruhi oleh kadar air dan porositas. Nilai R^2 porositas untuk UCS adalah 0,9327 dan untuk Modulus Young adalah 0,5979. Nilai R^2 kadar air untuk UCS adalah 0,4764 dan untuk Modulus Young adalah 0,7490. Sedangkan nilai R^2 derajat kejenuhan untuk UCS adalah 0,0439 dan untuk Modulus Young adalah 0,1837.

Berdasarkan hasil analisis pada tabel 3, nilai porositas lebih mempengaruhi nilai UCS, dikarenakan semakin besar kemampuan antarbutir mineral saling mengunci maka semakin sulit batuan dihancurkan sehingga, nilai UCS semakin besar. Nilai kadar air lebih mempengaruhi nilai Modulus Young dikarenakan persentase kandungan air dalam batuan berkaitan dengan nilai regangan setelah batuan diberi tekanan sehingga, ketahanan batuan untuk mengalami deformasi elastis ketika diberi tekanan akan lebih besar. Sedangkan nilai derajat kejenuhan tidak mempengaruhi keduanya dikarenakan nilai derajat kejenuhan berkaitan dengan perbandingan antara volume air dengan volume sehingga, lebih mempengaruhi nilai kadar air.

Hal ini dibuktikan dengan nilai R^2 porositas terhadap UCS maupun nilai R^2 kadar air tehadap Modulus Young mendekati 1. Sehingga porositas dan kadar air memiliki hubungan regresi linear yang berpengaruh sangat kuat terhadap UCS dan Modulus Young. Nilai kekuatan batuannya akan semakin berkurang apabila nilai porositas dan kadar airnya mengalami peningkatan nilai.

Dalam penentuan kestabilan lereng, nilai UCS akan dapat menunjukkan kualitas massa batuan pada lokasi. Dengan melihat lagi pada kondisi umum di lapangan berupa banyaknya kekar, kondisi dan jarak kekarnya serta pengaruh faktor lainnya disekitar lokasi untuk penentuan nilai atau pembobotan *Rock Mass Rating* (RMR), maka dapat ditentukan secara garis besar kondisi kemantapan lerengnya. Kualitas massa batuan yang relatif lebih rendah akan menyebabkan potensi terjadinya kelongsoran yang lebih besar. Untuk itu diperlukannya analisis lanjutan berupa analisis kinematika pada lereng batuan dan penggunaan klasifikasi *Slope Mass Rating* (SMR) sebagai metode lanjutan untuk merekomendasikan tipe longsoran yang akan terjadi maupun rekomendasi untuk keperluan perkuatan lereng.

SIMPULAN

Melalui pengujian yang dilakukan yaitu uji sifat fisik dan uji kuat tekan uniaksial pada batugamping diperoleh bahwa:

1. Nilai bobot isi asli, jenuh dan kering berbanding terbalik dengan porositas. Semakin tinggi nilai porositas batuan, maka nilai bobot isi akan semakin kecil.
2. Data yang diperoleh dari pengujian menunjukkan sampel batugamping memiliki rata-rata porositas yang rendah yaitu 8,69%, rata-rata bobot isi asli 2,44 gr/cm^3, rata-rata bobot isi kering 2,40 gr/cm^3 dan rata-rata bobot isi jenuh 2,49 gr/cm^3, rata-rata kadar air 1,76% dan derajat kejenuhan yaitu 43,50%.
3. Dalam hubungannya ditemukan bahwa nilai kuat tekan uniaksial akan dipengaruhi oleh parameter sifat fisik yaitu porositas dan kadar air. Nilai porositas lebih berpengaruh dalam penentuan nilai UCS dengan hasil R^2 sebesar 0,9327 sedangkan nilai kadar air lebih berpengaruh dalam penentuan nilai Modulus Young dengan hasil R^2 sebesar 0,7490.
4. Pada grafik hasil pengujian maupun grafik korelasinya, ditunjukkan bahwa semakin berkurangnya kekuatan batuan dapat dilihat dari nilai porositas dan kadar air yang terkandung. Hal ini dikarenakan hubungan antara porositas dan kadar air dengan kekuatan batuan berbanding terbalik yang dilihat dari penurunan garis dalam grafik.

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya terlebih khusus kepada Dosen Pengampuh Bapak Yudho Dwi Galih Cahyono yang telah memberikan dukungan dalam penelitian dan kepada semua pihak yang telah membantu dan tidak tersebutkan dalam membantu kelancaran penelitian sampai selesai.

DAFTAR PUSTAKA

Melati, S. (2019). Studi Karakteristik Relasi Parameter Sifat Fisik Dan Kuat Tekan Uniaksial Pada Contoh Batulempung, Andesit, Dan Beton. *Jurnal GEOSAPTA*, *5*(2), 133. https://doi.org/10.20527/jg.v5i2.6808

Oktarianty, H., & Armelia, D. (2020). *Pengaruh Sifat Fisik Batuan Terhadap Kuat Tekan Uniaksial pada Batu Granit di Pulau Bangka*. *8*, 214–219.

Pola, A., Crosta, G. B., Castellanza, R., Agliardi, F., Fusi, N., Barberini, V., Norini, G., & Villa, A. (2014). *Relationships Between Porosity and Physical Mechanical Properties in Weathered Volcanic Rocks*.

Rai, M. A., Kramadibrata, S., & Wattimena, R. K. (2010). *Mekanika Batuan: Laboratorium Geomekanika dan Peralatan Tambang Institut Teknologi Bandung*. Bandung.

Rosari, A. A., & Arsyad, M. (2017). Analisis Sifat Fisis Dan Sifat Mekanik Batuan Karst Maros. *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika*, *13*(3), 276–281.

Zhang, J. J. (2019). Applied petroleum geomechanics. In *Applied Petroleum Geomechanics*. Cambridge, MA : Gulf Professional Publishing, an imprint of Elsevier. https://doi.org/10.1016/C2017-0-01969-9