

ANALISIS PENGARUH KADAR AIR DAN DERAJAT KEJENUHAN TERHADAP PERBEDAAN NILAI KUAT TEKAN UNIAKSIAL PADA BATUGAMPING, PANTAI NGRUMPUT, YOGYAKARTA

Rety Winonazada^{1,a}, Andesta Granitio Irwan¹, Danu Mirza Rezky¹

¹Magister Teknik Pertambangan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta
Jl. SWK Jl. Ring Road Utara No.104, Condongcatur, Sleman, Yogyakarta, 55283

^aemail korespondensi: retywinonazada15@gmail.com

ABSTRAK

Nilai kuat tekan uniaksial merupakan salah satu parameter penting yang banyak digunakan dalam proyek rekayasa batuan dan dalam penentuan kekuatan massa batuan. Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah banyak dilakukan, telah ditetapkan bahwa kuat tekan uniaksial pada batuan sangat besar dipengaruhi oleh kadar air dan derajat kejenuhan pada batuan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kadar air dan derajat kejenuhan terhadap nilai kuat tekan uniaksial pada batugamping serta hubungan antara kadar air dan derajat kejenuhan pada batugamping. Pada penelitian ini, dilakukan pengujian sifat fisik pada 2 sampel batugamping yang memiliki nilai kuat tekan uniaksial terbesar (sampel 1) yaitu sebesar 37,06 MPa dan nilai kuat tekan uniaksial terkecil (sampel 3) sebesar 12,96 MPa. Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa pada sampel 3, memiliki kadar air asli sebesar 0,16%, dan derajat kejenuhannya 6,80%. Sedangkan pada sampel 3 diperoleh sifat fisik seperti kadar air asli 0,74% dan derajat kejenuhan 13,50%. Berdasarkan hasil regresi linier, pengaruh kadar air dan derajat kejenuhan menunjukkan korelasi yang kuat dan menunjukkan nilai kuat tekan uniaksial pada batugamping mengalami penurunan saat kadar air asli dan derajat kejenuhannya meningkat. Namun pada hubungan antara kadar air dengan derajat kejenuhan pada batugamping tidak menunjukkan adanya korelasi yang cukup kuat walaupun garis regresi linier menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar air semakin tinggi derajat kejenuhan.

Kata kunci: Kuat Tekan Uniaksial, Kadar Air, Derajat Kejenuhan, Batugamping.

PENDAHULUAN

Nilai kuat tekan uniaksial merupakan salah satu parameter penting yang banyak digunakan dalam proyek rekayasa batuan dan dalam penentuan kekuatan massa batuan. Metode laboratorium langsung digunakan untuk menentukan nilai kuat tekan batuan (misalnya menggunakan uji tekan uniaksial) seperti yang diusulkan dan distandarisasi oleh *International Society for Rock Mechanics* (ISRM) (Ulusay & Hudson, 2007).

Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah banyak dilakukan, telah ditetapkan bahwa kekuatan pada batuan sangat besar dipengaruhi oleh kadar air dan derajat kejenuhan pada batuan tersebut. Beberapa dekade terakhir, pengurangan kekuatan dan kekakuan pada batuan dikaitkan dengan peningkatan kadar air telah banyak diteliti pada berbagai jenis batuan di Indonesia. Karena variasi tekstur dan litologi yang cukup besar, maka sejauh mana efek pelemahan air sangat bervariasi diantara berbagai jenis batuan, mulai dari hampir dapat diabaikan pada kuarsa hingga 90% pengurangan kekuatan tekan uniaksial pada serpih. Pengaruh kadar air umumnya lebih besar pada batuan sedimen daripada batuan beku dan metamorf (Wong, dkk., 2016). Sedikit peningkatan kadar air akan menyebabkan pengurangan yang signifikan nilai kuat tekan dan modulus deformasi, terutama pada batuan sedimen (Daraei & Zare, 2018a).

Hal ini telah diamati secara luas bahwa kekuatan massa batuan secara signifikan berkurang dengan meningkatnya kadar air pada tingkat kejenuhan yang

rendah, tetapi secara tidak signifikan berkurang dengan meningkatnya kadar air pada tingkat kejenuhan yang tinggi (Li & Wang, 2019). Pada beberapa kasus, bahkan penurunan kekuatan batuan secara besar dapat terjadi hanya 1% kejenuhan air dan untuk mekanika batuan serta proyek rekayasa batuan, sangat disarankan bahwa kuat tekan uniaksial kondisi kering digunakan untuk keperluan klasifikasi kekuatan massa batuan, sedangkan untuk desain teknik penting untuk membangun kekuatan basah dan idealnya sensitivitas air pada batuan, untuk mengetahui potensi perubahan deformabilitas dan kekuatan pada massa batuan tersebut (Vasarhelyi, Balazs & Ván, 2006). Kim & Changani (2016) melakukan banyak uji pada batupasir di bawah kondisi pembebanan statis, cepat, dan dinamis, menyatakan bahwa kejenuhan air mengurangi kekuatan batuan sekitar 20%.

Kekuatan, deformasi, dan karakteristik retakan batuan lunak lempung berhubungan erat dengan kadar air. Kekuatan tekan uniaksial (UCS), kekuatan geser, dan modulus elastis dalam kondisi jenuh berkurang sekitar 90% dibandingkan dengan kondisi kering, besar kekuatan batuan yang hilang terjadi pada kadar air kisaran 0 - 2% (Erguler dan Ulusay 2009; Hu, dkk., 2014; Bian, dkk., 2019). Nilai kuat tekan dan modulus deformasi menunjukkan penurunan tertinggi dalam kadar air jenuh berkisar antara 0,2 dan 2%, dan modulus deformabilitas menurun lebih banyak dari kuat tekan (Daraei, A., & Zare, S., 2018). Kekuatan dan sifat deformabilitas dari batupasir menurun dengan meningkatnya derajat

kejenuhan, dan *P-Wave velocity* menunjukkan tren peningkatan dengan meningkatnya derajat kejenuhan dan menunjukkan pengurangan yang signifikan yaitu 61% dan 58% pada nilai kuat tekan uniaksial dan modulus young, saat kondisi kering dan jenuh (Abdi, dkk., 2018).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kadar air dan derajat kejenuhan terhadap nilai kuat tekan uniaksial pada batugamping serta hubungan antara kadar air dan derajat kejenuhan pada batu gamping.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan dengan pengujian laboratorium pada 4 (empat) sampel batugamping. Keempat sampel diambil dilokasi yang berbeda-beda. Untuk pengujian kuat tekan uniaksial (UCS) dan uji sifat fisik menggunakan Pedoman *International Society for Rock Mechanics* (ISRM). Sampel yang digunakan untuk pengujian *Unconfined Compressive Strength* (UCS) adalah batugamping berbentuk balok dengan ukuran $\pm$ tinggi = 2 x diameter (untuk bentuk balok diameter = panjang x lebar) (Gambar 1).



Gambar 1. Bentuk sampel uji UCS

Data ukuran sampel yang digunakan pada pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sampel pengujian laboratorium

Kode Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)
1	65,00	122,70
2	64,90	123,80
3	56,40	100,60
4	64,50	122,70

Sedangkan pada pengujian sifat fisik batugamping, sampel ditimbang menggunakan neraca digital untuk mendapatkan berat asli, kemudian dikeringkan selama 24 jam dalam oven dengan suhu sekitar 90°-110° C kemudian ditimbang kembali untuk mendapatkan berat kering sampel dan kemudian sampel kering direndam selama 24 jam dalam suatu wadah berongga yang berisi air dan dapat digantung bebas sehingga berat contoh batuan utuhnya dapat ditimbang untuk mendapatkan berat jenuh sampel.

Untuk mendapatkan nilai kadar air dan derajat kejenuhan dapat menggunakan persamaan berikut.

- Kadar air

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad (1)$$

- Derajat Kejenuhan

$$S = \frac{V_w}{V_v} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

- w = kadar air
- W_w = berat air
- W_s = berat butiran padat
- S = derajat kejenuhan
- V_w = volume air
- V_v = total rongga pori

Pengujian UCS dilakukan dengan meletakkan contoh sampel yang sebelumnya telah dipreparasi di bagian tengah antara dua *plat* penekan dan kemudian sampel ditekan secara vertikal hingga batuan pecah. Pada pengujiannya, regangan aksial dan lateral tiap sampel diamati dan dicatat setiap kali ada penambahan beban. Gambar 2 menunjukkan proses pengujian UCS.



Gambar 2. Proses pengujian UCS

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Kuat Tekan Uniaksial

Berdasarkan pengujian kuat tekan uniaksial yang dilakukan pada 4 (empat) buah sampel batugamping didapatkan hasil seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil pengujian kuat tekan uniaksial

Kode Sampel	Nilai UCS (MPa)
1	37,06
2	18,59
3	12,96
4	26,75

Berdasarkan hasil pada Tabel 2. sampel 1 memiliki nilai kuat tekan terbesar yaitu 37,06 MPa dan sampel 3 dengan nilai kuat tekan terkecil yaitu 12,96 MPa. Oleh karena itu, sampel yang diuji sifat fisik untuk dapat mengetahui faktor pengaruhnya adalah sampel 1 dan sampel 3.

Hasil Uji Sifat Fisik

Berdasarkan uji sifat fisik sampel batugamping no 1 dan 3 didapatkan hasil sebagai berikut :

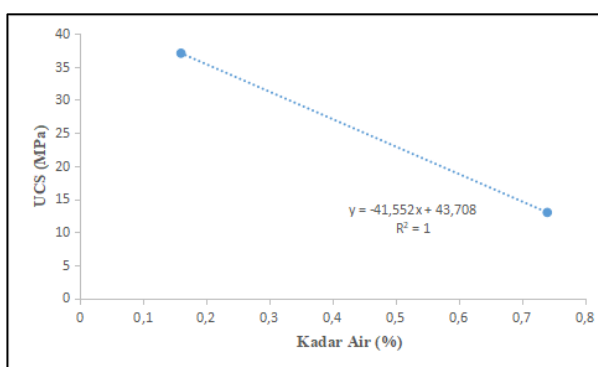
Tabel 3. Hasil uji sifat fisik

Kode Sampel	Kadar air asli (%)	Derajat Kejenuhan (%)
1	0,16	6,80
3	0,74	13,50

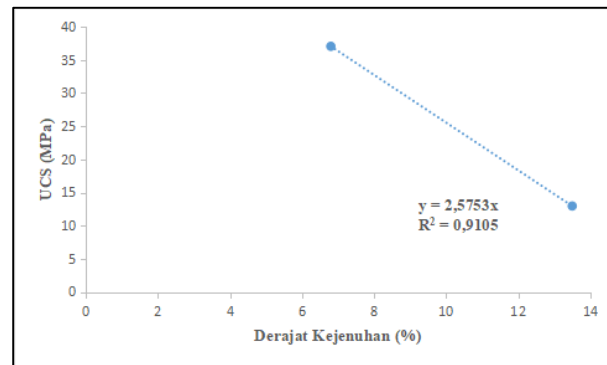
Analisis Korelasi Kadar Air dan Derajat Kejenuhan Dengan Nilai Kuat Tekan

Analisis korelasi hanya digunakan pada sampel 1 dan 3 yang memiliki perbedaan cukup signifikan pada hasil uji kuat tekan uniaksialnya. Sedangkan pada sampel 2 dan 4 tidak dilakukan analisis korelasi karena nilai kuat tekan uniaksial pada kedua sampel tersebut tidak memiliki perbedaan yang signifikan sehingga tidak dilakukan pengujian sifat fisik dan tidak digunakan untuk analisis

Gambar 3 menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik yaitu terjadi penurunan nilai kuat tekan ketika adanya peningkatan nilai kadar air pada batugamping. Hasil ini sama dengan hasil penelitian (Wong, *et al.*, 2016) yang menyatakan bahwa pengaruh kadar air pada kekuatan batuan umumnya lebih besar pada batuan sedimen. Dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sama dengan 1 maka dapat dikatakan bahwa hasil ini memang menunjukkan adanya korelasi yang kuat antara kadar air dan nilai kuat tekan atau UCS.



Gambar 3. Hubungan UCS dan kadar air

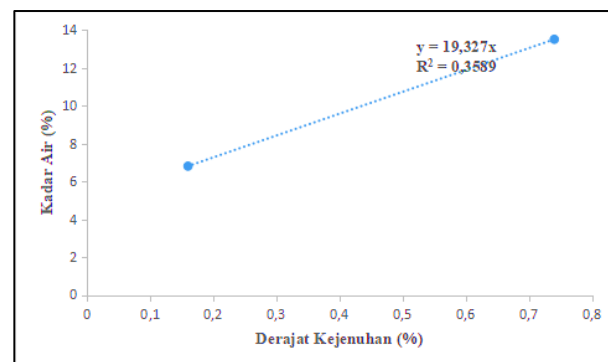


Gambar 4. Hubungan UCS dan derajat kejenuhan

Gambar 4 menunjukkan adanya penurunan nilai kuat tekan ketika tingkat derajat kejenuhan meningkat pada batugamping. Hal ini hampir sama dengan yang dinyatakan oleh (Abdi, Y, *et al.*, 2018) yaitu kekuatan dan sifat deformabilitas dari batupasir menurun dengan meningkatnya derajat kejenuhan. Dengan nilai koefisien determinasi (R^2) hampir mendekati 1, yaitu 0,91 maka dapat dikatakan juga bahwa hasil ini memang menunjukkan adanya korelasi yang kuat antara derajat kejenuhan dengan nilai kuat tekan atau UCS.

Analisis Korelasi Kadar Air dan Derajat Kejenuhan

Hasil regresi linier pada Gambar 5 hubungan yang berbanding lurus antara kadar air dan derajat kejenuhan. Pada gambar 5, garis regresi linier menunjukkan semakin tinggi kadar air semakin tinggi derajat kejenuhannya. Namun apabila dilihat berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2), hubungan antara kadar air asli dan derajat kejenuhan tidak menunjukkan korelasi yang cukup kuat karena nilai koefisien determinasinya (R^2) jauh dari 1 yaitu hanya sebesar 0,3589.



Gambar 5. Hubungan kadar air dan derajat kejenuhan

Hal ini disebabkan faktor yang mempengaruhi derajat kejenuhan adalah kadar dari air saat jenuh yaitu setelah sampel kering dilakukan perendaman selama kurang lebih 24 jam yang mana ini merupakan kemampuan batuan untuk dapat menyimpan atau menyerap air. Dan umumnya nilai kadar air dari suatu material yang sama dalam satu wilayah adalah relatif sama. Sedangkan tingkat derajat kejenuhan dari suatu material sama nilainya akan berbeda meskipun berada dalam wilayah yang sama. Oleh karena itu hasilnya tidak menunjukkan adanya korelasi yang cukup kuat antara kadar air dan derajat kejenuhan. Namun hal ini perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan jumlah sampel yang lebih banyak untuk dapat mengetahuinya secara pasti dan jelas.

KESIMPULAN

Kesimpulan berdasarkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut: (i) nilai kuat tekan uniaksial pada batugamping mengalami penurunan saat kadar air asli dan derajat kejenuhannya meningkat dan hasil regresi linier menunjukkan korelasi yang sangat kuat; (ii) semakin tinggi kadar air asli semakin tinggi derajat kejenuhan namun berdasarkan nilai koefisien determinasi, hubungan kadar air dan derajat kejenuhan tidak menunjukkan korelasi yang kuat. Sehingga tidak dapat dikatakan bahwa kadar air asli mempengaruhi derajat kejenuhan; (ii) untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat maka perlu dilakukan analisis terhadap parameter uji sifat fisik lainnya dan menambahkan jumlah sampel uji agar mendapatkan penilaian korelasi yang lebih mendekati dan mempermudah dalam proses analisis geoteknik yang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada teman sejawat Magister Teknik Pertambangan Angkatan 32 Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta dan Kepala Laboratorium Asia Rock Test yang telah membantu dalam proses pengambilan dan pengujian sampel.

REFERENSI

- Abdi, Y., Khanlari, G., & Jamshidi, A., 2018. Correlation Between Mechanical Properties of Sandstones and P-Wave Velocity in Different Degrees of Saturation. *Geotech Geol Eng*.
- Bian K., Liu J., & Zhang W., 2019. Mechanical behavior and damage constitutive model of rock subjected to water-weakening effect and uniaxial loading. *Rock Mech Rock Eng* 52, pp. 97–106.
- Daraei, A., & Zare, S., 2018. Determination of critical saturation degree in rocks based on maximum loss of uniaxial compression strength and deformation modulus. *Geomechanics and Geophysics for Geo-Energy and Geo-Resources*.
- Daraei, A., & Zare, S., 2018a. Effect of water content variations on critical and failure strains of rock. *KSCE J Civ Eng*.
- Erguler Z, A., & Ulusay, R., 2009 Water-induced variations in mechanical properties of clay-bearing rocks. *Int J Rock Mech Min Sci* 46(2), pp. 355–370.
- Hu, D.W., Zhang, F., & Shao J.F., 2014 Influences of mineralogy and water content on the mechanical properties of argillite. *Rock Mech Rock Eng*, 47, pp. 157–166.
- Kim, E., & Changani, H., 2016. Effect of water saturation and loading rate on the mechanical properties of Red and Buff Sandstones. *Int J Rock Mech Min Sci*, 88, pp. 23–28.
- Li, D., & Wang, W., 2019. Quantitative analysis of the influence of saturation on rock strength reduction considering the distribution of water. *Geomech. Geophys. Geo-energ. Geo-resour*, 5, pp. 197–207.
- Ulusay, R., & Hudson, J.A., 2007. *The complete ISRM suggested methods for rock characterisation, testing and monitoring: 1974-2006*. International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering.
- Vasarhelyi, Balazs & Ván, P., 2006. Influence of Water

Content on the Strength of Rock. *Eng Geol* 84, pp. 70-74.

Wong, L.N.Y., Maruvanchery, V., & Liu, G., 2016 Water effects on rock strength and stiffness degradation. *Acta Geotech*. 11, pp. 713–737.