



ANALISIS KORELASI SIFAT FISIK TERHADAP NILAI UJI KUAT TEKAN (UCS) BATU ANDESIT

Imelda Yuni Pratiwi*^[1], Kurniawan Abdullah^[1], Firmansyah^[1], Yudho Dwi Galih Cahyono^[1]

^[1] Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral dan Kelautan,
Insititut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Jln. Arief Rachman Hakim No. 100 Surabaya

*e-mail: imeldayunip@gmail.com

ABSTRAK

Andesit merupakan suatu tipe batuan beku vulkanik, ekstrusif, komposisi menengah, dengan tekstur afanitik sampai porfiritik yang banyak tersebar di pulau Jawa. Penelitian batuan andesit dilakukan untuk mengetahui pengaruh sifat fisik batuan terhadap kuat tekan uniaksial pada batuan andesit dengan melakukan pengujian sifat fisik, dan pengujian kuat tekan uniaksial. Analisis sifat fisik batuan dilakukan untuk mengenali ukuran dimensi, bobot isi, kandungan air, porositas, serta derajat kejenuhan. Sebaliknya analisis sifat mekanik batuan andesit mendapatkan nilai UCS. Lewat uji sifat fisik serta kuat tekan uniaksial pada batuan andesit diperoleh bobot isi asli, kering, serta jenuh berkorelasi negatif dengan porositas. Semakin besar porositas, nilai bobot isi semakin kecil. Sampel batuan andesit memiliki porositas dengan rata-rata 2,108%, bobot isi asli rata-rata 2,778 gr/cm³, bobot isi kering dengan rata-rata sebesar 2,773 gr/cm³ dan bobot isi jenuh rata-rata sebesar 2,796 gr/cm³, Kadar air rata-rata sebesar 0,182% dan derajat kejenuhan sebesar 22,659%. Semakin besar porositas dan kadar air yang terkandung, maka akan semakin berkurang kekuatan batuan.

Kata kunci: andesit; sifat fisik; kuat tekan uniaksial.

ABSTRACT

Andesite is a type of volcanic, extrusive, intermediate composition igneous rock, with an afanitic to porphyritic texture, which is widely distributed on the island of Java. Andesite rock research was conducted to determine the effect of the physical properties of the rock on the uniaxial compressive strength of andesite by carrying out physical properties testing and uniaxial compressive strength testing. Analysis of the physical properties of the rock was carried out to determine the dimensions of size, weight content, moisture content, porosity, and degree of saturation. While the analysis of the mechanical properties of andesite rocks obtained the UCS value. Through the test of physical properties and uniaxial compressive strength of andesite, the original, dry, and saturated weight of the bulk content obtained had a negative correlation with porosity. The higher the porosity, the smaller the content weight value. Andesite rock samples have porosity with an average of 2.108%, the original bulk weight of 2.778 gr/cm³, dry bulk density of 2.773 gr/cm³ and saturated weight of 2.796 g / cm³ on average, moisture content an average of 0.182% and the degree of saturation of 22.659%. The greater the porosity and water content contained, the less the strength of the rock.

Keywords: andesite; physical properties, uniaxial compressive strength.

PENDAHULUAN

Andesit merupakan sesuatu tipe batuan beku vulkanik dengan komposisi antara serta tekstur khusus yang biasanya ditemui pada area subduksi tektonik di daerah perbatasan lautan seperti di tepi laut barat Amerika Selatan ataupun daerah-daerah dengan kegiatan vulkanik yang besar semacam Indonesia. Nama andesit berasal dari nama Pegunungan Andes.

Ilmu Mekanika Batuan merupakan ilmu pengetahuan teoritik serta terapan yang menekuni ciri, sikap, serta reaksi massa batuan akibat perubahan keseimbangan

medan gaya disekitarnya, baik karena kegiatan manusia ataupun alamiah. Sehingga untuk mengenali sifat mekanik batuan serta massa batuan dicoba berbagai macam uji coba baik itu di laboratorium ataupun di lapangan langsung ataupun secara insitu. Tidak hanya mengamati sifat mekanik (kekuatan) dari batuan dalam riset ini juga akan diamati sifat fisik batuan tersebut, dengan mengamati bobot serta masa jenisnya dalam beberapa kondisi. Uji kuat tekan serta uji fisik batuan mempunyai kedudukan yang dominan dalam operasi penambangan, seperti pekerjaan penerowongan,

pemboran, penggalian, peledakan, kestabilan lereng tambang baik pada tambang terbuka maupun pada tambang bawah tanah dan pekerjaan lainnya.

Adapun penelitian ini bertujuan untuk menganalisis korelasi sifat fisik terhadap nilai uji kuat tekan uniaksial berdasarkan koefisien determinasi pada batuan andesit. Contoh sampel batuan andesit yang digunakan terdapat pada Formasi Andesit Tua yang mempunyai batuan penyusun berupa intrusi andesit, breksi andesit, lapili tuff, breksi lapili, tuff, aglomerat, dan aliran lava serta batu pasir vulkanik yang tersingkap di daerah Kulon Progo.

Koefisien determinasi (R^2 square) atau disimbolkan dengan " R^2 " itu sendiri diartikan sebagai suatu pengaruh yang diberikan variabel bebas atau variabel independent (X) terhadap variabel terikat atau variabel dependen (Y). Dengan kata lain, nilai koefisien determinasi atau R^2 ini berguna untuk memprediksi dan melihat seberapa besar kontribusi pengaruh yang diberikan variabel X secara simultan (bersama-sama) terhadap variabel Y.

TINJAUAN PUSTAKA

Uji Sifat Fisik

Ciri dasar batuan serta sikap batuan dipengaruhi oleh sifat fisik batuan. Perbandingan komposisi/ perbandingan padatan, air serta udara yang membuat perbandingan sikap tersebut yang setelah itu berkaitan erat dengan kekuatan batuan dikala dicoba pengujian mekanik. Salah satu parameter uji sifat fisik merupakan porositas. Porositas merupakan perbandingan volume pori/ rongga/ ruang kosong yang terdapat pada batuan dengan volume total batuan, yang bernilai selaku persentase antara 0–100%. Terus menjadi besar nilai porositas hingga membuktikan terus menjadi banyak ruang kosong suatu batuan tersebut. Besar kecilnya nilai porositas dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: ukuran butir, susunan butir, sudut kemiringan dan komposisi mineral pembentuk batuan. Berdasarkan kualitasnya, porositas dapat terbagi dari sangat buruk hingga sangat baik sesuai Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Porositas

Porositas (%)	Kualitas
0-5	Sangat Buruk
5-10	Buruk
10-15	Sedang
15-20	Baik
>20	Sangat Baik

Untuk mendapatkan data dari sifat fisik, dapat dihitung dengan rumus seperti berikut:

a. Bobot Isi (gr/cm³) = $\frac{Wn}{V_{\text{batuan}}}$

$$\text{b. Bobot Isi Kering (gr/cm}^3\text{)} = \frac{W_o}{V_{\text{batuan}}}$$

$$c. \text{ Bobot Isi Jenuh (cm/gr}^3\text{)} = \frac{W_w}{V_{batuan}}$$

$$d. \text{ Berat Jenis Semu (\%)} = \frac{W_o}{W_o - W_s}$$

$$e. \text{ Berat Jenis Asli (\%)} = \frac{W_o}{W_w - W_s}$$

$$\text{f. Kadar Air Asli (\%)} = \frac{W_n - W_o}{W_o} \times 100$$

$$\text{g. Kadar Air Jenuh (\%)} = \frac{W_w - W_o}{W_w} \times 100$$

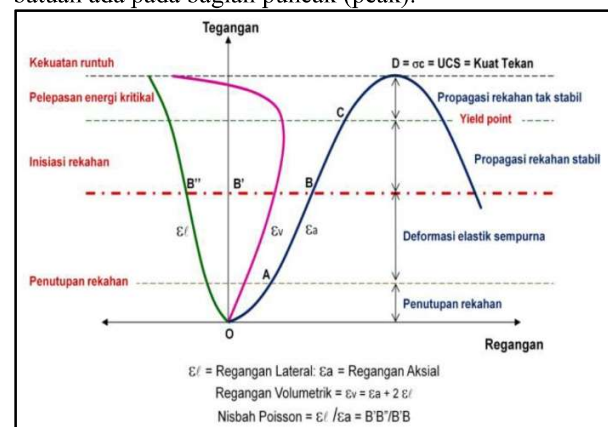
h. Derajat Kejenuhan (%) = $\left(\frac{W_n - W_o}{W_w - W_o} \right) \times 100$

i. Porositas (n) = $\left(\frac{W_w - W_o}{W_w - W_s}\right) \times 100$

j. *Void Ratio* (e) = $\left(\frac{n}{1-n}\right)$

Uji Sifat Mekanik

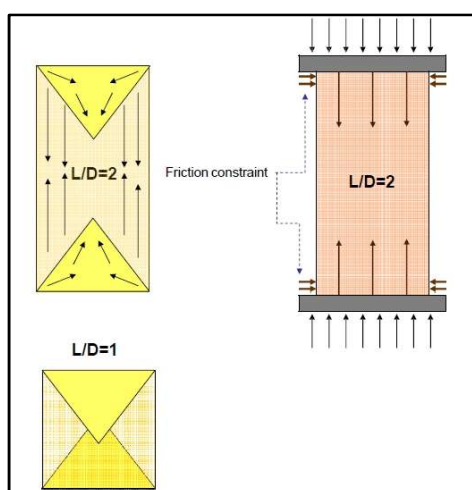
Uji Kuat Tekan
Uji kuat tekan uniaksial ataupun *Uniaxial Compressive Strenght* (UCS) ialah perbandingan tekanan yang diberikan pada contoh batuan terhadap luas permukaan contoh batuan yang terkena tekanan. Uji kuat tekan uniaksial dicoba buat memastikan kuat tekan batuan (σC), Modulus Young (E), Nisbah Poisson (ν), serta kurva tegangan- regangan. Kuat tekan ini dihitung pada saat tiap contoh batuan yang hadapi keruntuhan (failure) dengan beban (P) yang bekerja pada saat terbentuknya keruntuhan. Pada suatu kurva tegangan regangan bisa dilihat kalau kuat tekan uniaksial masing- masing contoh batuan ada pada bagian puncak (peak).



Gambar 1. Kurva Tegangan – Regangan

Pengujian ini menggunakan mesin penekan (*compression machines*) untuk menekan contoh batuan dari satu arah. Penyebaran sebuah tegangan pada contoh batuan merupakan searah dengan gaya yang dikenakan pada suatu contoh batuan. Tetapi pada saat dilakukan pengujian secara langsung arah tegangan tidak searah dengan gaya yang dikenakan pada contoh batuan tersebut, karena adanya pengaruh plat penekan mesin tekan yang terhimpit contoh batuan. Menurut *International Society of Rock Mechanics* atau disingkat "ISRM" (1981), syarat

contoh batuan uji laboratorium mekanika batuan berbentuk silinder dengan ratio antara tinggi dan diameter contoh silinder yang umum digunakan adalah 2.5 sampai 3 dan untuk ukuran diameter tidak kurang dari ukuran NX yaitu 54mm. contoh batuan yang memiliki ratio $L/D > 2.5$ menghasilkan nilai UCS lebih kecil dan lebih cepat mengalami kegagalan dibandingkan dengan contoh batuan yang memiliki ratio $L/D < 2$. Untuk kondisi $L/D = 1$ maka tegangan akan saling bertemu dalam skema segitiga gaya, sehingga akan memperbesar nilai kuat tekan sampel batuan tersebut.



Gambar 2. Pendistribusian Tegangan pada Contoh Batuan Pada Uji Kuat Tekan Uniaksial

Untuk menghitung nilai kuat tekan uniaksial batuan, dapat di hitung dengan persamaan seperti berikut:

$$\sigma_c = P/A$$

Dimana:

σ_c = Kuat tekan uniaksial batuan (MPa)

P = Tekanan (Gaya) yang diberikan pada contoh batuan agar runtuh (kN)

A = Luas permukaan yang terkena tekanan/gaya (cm²)

Kuat tekan batuan sangat berkaitan erat dengan porositas. Semakin besar nilai kuat tekan batuan maka nilai porositas semakin kecil, sebaliknya jika nilai porositas semakin besar maka semakin lemah batuan, hal ini disebabkan karena adanya faktor kompaksi.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan penelitian kuantitatif, dimana data variabel pengamatan dependen dan independent diperoleh berdasarkan hasil pengujian laboratorium berupa uji sifat fisik dan sifat mekanik (uniaxial compressive strength) dan data hasil pengolahan akan disajikan dalam data statistik. Adapun Langkah penelitian adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan Contoh Sampel

Pengambilan contoh sampel batuan andesit berlokasi di Hargorejo, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Penulis melakukan perjalanan $\pm 8,5$ jam diukur dari Surabaya (ITATS) ke daerah pengukuran yang berjarak 365 km dengan menggunakan KA dan dilanjutkan dengan kendaraan roda dua. Alat yang digunakan untuk mengambil sampel yakni dengan palu geologi.

2. Preparasi Sampel

Setelah contoh batuan didapatkan yang masih bongkahan kemudian dipotong (dikecilkan) sesuai standar uji laboratorium yang digunakan ISRM (1981). Ukuran yang dianjurkan yakni $L=2D$ dan diperoleh 3 sampel batuan untuk diuji. Pengujian laboratorium selanjutnya dilakukan di PUP-ESDM DIY.

3. Uji Sifat Fisik

Pengujian sifat fisik dilakukan sebelum pengujian sifat mekanik karena tidak merusak sampel batuan. Sifat fisik yang diperoleh yakni Serangkaian uji sifat fisik ini menggunakan beberapa peralatan antara lain neraca ohaus, cawan, pompa vakum, desikator dan oven. Pertama dengan menimbang berat asli contoh batuan (W_n). Kemudian dioven atau dikeringkan dengan temperatur 90°C selama 24 jam untuk mendapatkan nilai (W_o) dan dilanjutkan mencari berat jenuh (W_w) dengan cara merendam contoh batuan selama 24 jam. Selanjutnya contoh batuan tersebut digantung dalam air untuk mendapatkan nilai berat jenuh tergantung dalam air (W_s).

4. Uji Sifat Mekanik

Pengujian sifat mekanik dikenal dengan *destructive test* dikarenakan sampel batuan akan hancur setelah diuji. Pengujian dilakukan dengan menempatkan sampel batuan yang sudah dipotong hingga berbentuk balok pada plat penekan dan ditekan secara vertikal yang sudah diatur kecepatannya. Data yang diperoleh berupa nilai kuat tekan yang di tunjukan oleh jarum dalam satuan KiloNewton (kN).

5. Pengolahan dan Analisis data

Data sifat fisik (independent) dan sifat mekanik (dependen) yang diperoleh selanjutnya dihitung dan dikonversi. Output yang diperoleh dari sifat fisik yakni nilai porositas, kadar air dan derajat kejenuhan dan uji sifat mekanik yakni kekuatan batuan. data sifat fisik dan mekanik ini kemudian dianalisis korelasinya dengan membuat analisa statistik dan tingkat keakuratan atau koefisien determinasi (R^2) menggunakan *MS Excel* dan dilanjutkan dengan penarikan kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengujian sifat fisik dan sifat mekanik yang dilakukan terhadap tiga sampel batu andesit, diperoleh data penelitian berupa data sifat fisik yang dapat dilihat pada Tabel 2 juga data sifat mekanik pada Tabel 4.

Tabel 2. Data Sifat Fisik

No	Paramter	Satuan	Sampel		
			A	B	C
1	Berat Asli (Wn)	gr	347,67	348,50	345,49
2	Berat Kering (Wo)	gr	347,07	348,00	344,70
3	Berat Jenuh (Ww)	gr	349,67	350,00	348,67
4	Berat Jenuh Tergantung Dalam Air (Ws)	gr	212,35	215,40	213,8
5	Bobot Isi Asli	gr/cm ³	2,781	2,788	2,764
6	Bobot Isi Kering	gr/cm ³	2,777	2,784	2,758
7	Bobot Isi Jenuh	gr/cm ³	2,797	2,800	2,789
8	Berat Jenis Semu	%	2,527	2,585	2,556
9	Berat Jenis Asli	%	2,576	2,585	2,633
10	Kadar Air Asli	%	0,173	0,144	0,229
11	Kadar Air Jenuh	%	0,749	0,575	1,152
12	Derajat Kejenuhan	%	23	25	19,9
13	Porositas (n)	%	1,893	1,486	2,944
14	Void Ratio (e)	%	0,019	0,015	0,030

Sumber: Olahan Data Penelitian, 2021

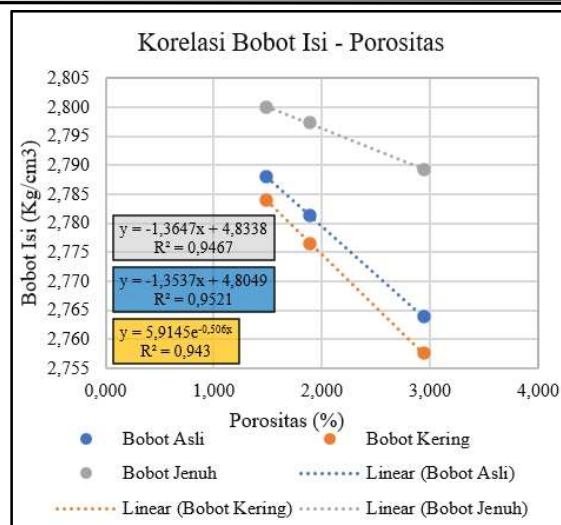
Dari data diatas didapatkan hasil nilai rata-rata; Bobot isi asli 2,778 kg/cm³, Bobot isi kering 2,773 kg/cm³, Bobot isi jenuh 2,796 kg/cm³, dan Porositas yakni 2,108% seperti pada Tabel 2.

Tabel 3. Rata-Rata Nilai Bobot Isi, Kadar Air, Derajat Kejenuhan dan Porositas

No	Sampel	Bobot Isi Asli gr/cm ³	Bobot Isi Kering gr/cm ³	Bobot Isi Jenuh gr/cm ³
1	A	2,781	2,777	2,797
2	B	2,788	2,784	2,800
3	C	2,764	2,758	2,789
Rata-Rata		2,778	2,773	2,796
No	Sampel	Porositas %	Kadar Air %	Derajat Kejenuhan %
1	A	1,893	0,173	23
2	B	1,486	0,144	25
3	C	2,944	0,229	19,9
Rata-Rata		2,108	0,182	22,659

Sumber: Olahan Data Penelitian, 2021

Rata-rata bobot isi dan porositas ini memiliki korelasi linier terbalik (negatif) dengan R²; bobot asli 0,9521, bobot kering 0,943 dan bobot jenuh 0,9467. Semakin tinggi presentasi pori, semakin rendah pula bobot isinya terutama pada kondisi kering.



Sumber: Olahan Data Penelitian, 2021

Gambar 3. Korelasi Bobot Isi Terhadap Porositas

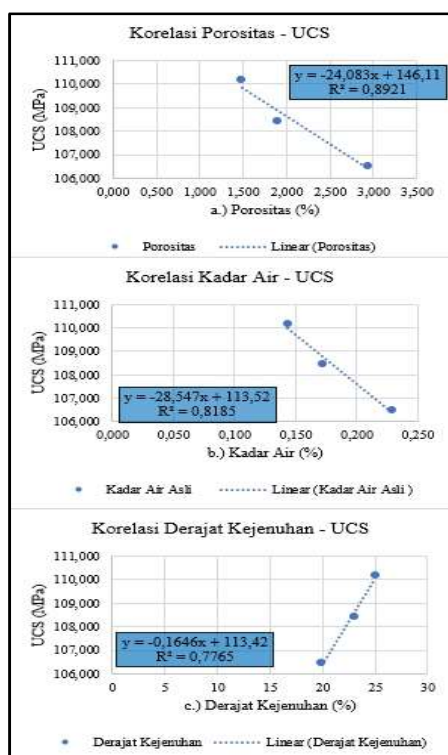
Porositas sendiri terbentuk dari gabungan butir dengan berbagai ukuran. Batuan beku yang masih segar mempunyai nilai porositas sekitar 1% atau 2%, akan tetapi yang sudah lapuk atau mengalami *fracture* akibat struktur, maka nilai porositas adapat meningkat hingga 20% bahkan lebih. Pori-pori dalam batuan dapat terisi oleh air sebagian, yang sebagian lainnya terisi oleh udara. Rata-rata porositas yang didapatkan berdasarkan perhitungan yakni 2,108% merupakan batuan yang segar dan masuk dalam kategori porositas sangat buruk. Kadar air menunjukkan persentase kandungan berat air dalam pori dari berat batuan seluruhnya. Kadar air sampel rata-rata 0,182%. Pada kondisi kering, pori-pori seluruhnya berisi udara karena conto dikeringkan agar bobot isi yang tertimbang hanya fase padatan. Pengurangan air dalam pori akan menurunkan bobot isi asli menjadi bobot isi kering. Bobot isi kering rata-rata 2,773 gr/cm³, turun sangat sedikit 0,005 gr/cm³ dari kondisi asli rata-rata 2,778 gr/cm³. Jadi, bobot isi kering dipengaruhi oleh porositas, sedangkan penurunan bobot isi asli menjadi bobot isi kering ditentukan oleh kadar air dalam conto. Derajat kejenuhan rata-rata sebanyak 22,659%, ini berarti pada kondisi asli, sebanyak 22,659% dari pori yang ada dalam conto batuan terisi oleh air. Pada kondisi jenuh, pori-pori akan diisi air seluruhnya sehingga bobot isi jenuh bertambah dari kondisi asli. Artinya semakin besar sisa pori yang belum terisi air, semakin tinggi penambahan bobot isi pada kondisi jenuh dari kondisi aslinya. Namun bobot isi yang bertambah pada kondisi jenuh rata-rata 2,796 gr/cm³, hanya naik 0,017 gr/cm³ dari kondisi asli rata-rata 2,773 gr/cm³.

Tabel 4. Data Sifat Mekanik

No	Sampel	Dimensi Sampel (cm)			Volume (cm ³)	Beban	
		Panjang	Lebar	Tinggi		kN	kg
1	A	5	5	5	125	1354,94	138.163,4
2	B	5	5	5	125	1376,73	140.385,5
3	C	5	5	5	125	1330,66	135.687,7
No	Sampel	Nilai Kuat Tekan					
		(Kg/cm ²)	(MPa)				
1	A	1105,307	108,431				
2	B	1123,084	110,175				
3	C	1085,502	106,488				
Rata-Rata		1104,631	108,364				

Sumber: Olahan Data Penelitian, 2021

Berdasarkan data pada Tabel 3 di atas, diperoleh nilai rata-rata *Uniaxial Compressive Strenght* sebesar 108,364MPa dengan rentang nilai 106,488-110,175MPa. Pada Gambar 2 di bawah, didapatkan hasil berupa nilai porositas dan kadar air memiliki korelasi nilai linier terbalik dengan nilai R^2 terhadap UCS masing-masing sebesar 0,8921 dan 0,8185. Hal tersebut menandakan bahwa seiring bertambahnya persentase porositas dan kadar air yang terkandung, maka nilai kekuatan batuan akan semakin menurun. Berbeda dengan diatas, derajat kejenuhan memiliki korelasi positif dengan nilai R^2 terhadap UCS sebesar 0,7765 yang berarti semakin besar nilai derajat kejenuhan maka semakin besar pula nilai kuat tekannya.



Sumber: Olahan Data Penelitian, 2021

Gambar 4. Korelasi a.) Porositas b.) Kadar air c.) Derajat Kejenuhan Terhadap UCS

DISKUSI

Dalam penelitian ini, Penulis menggunakan tiga sampel batu andesit dengan geometri yang sama untuk dilakukan pengujian dalam mendapatkan data sifat fisik dan sifat mekanik batuan. Dengan menggunakan geometri sampel yang sama (balok) dengan kondisi $L/D = 1$ maka tegangan akan saling bertemu dalam skema segitiga gaya, sehingga akan memperbesar nilai kuat tekan sampel batuan tersebut dan diharapkan distribusi tegangan yang dialami batuan akan merata sehingga dalam penelitian ini variabel perbandingan ukuran panjang dan diameter sampel tidak terlalu berpengaruh terhadap korelasi sifat fisik terhadap nilai kuat tekan masing-masing sampel batuan (UCS).

Pengujian laboratorium yang dilakukan sesuai dengan tinjauan pustaka berdasar ISRM (1981). Diketahui pada tiga sampel di formasi yang sama dapat memiliki kekuatan yang berbeda-beda. Hal tersebut tidak lepas dikarenakan oleh faktor alam yang mempengaruhi lingkungan serta *human error* selama pengujian sehingga baik data sifat fisik maupun sifat mekanik batuan akan berbeda. Faktor-faktor tersebut antara lain; geometri dan bentuk contoh batuan, kondisi alat penekan, kecepatan pembebanan, temperatur, lingkungan (kandungan air) serta mineralogi batuan.

Nilai kekuatan batuan yang didapatkan dari ketiga sampel diambil rata-ratanya untuk memudahkan Penulis dalam menarik kesimpulan terhadap batuan sejenis yang ada di lokasi pengambilan sampel. Pengaruh sifat fisik terhadap nilai kuat tekan teridentifikasi dan dikontrol oleh porositas dan kadar air. Meskipun demikian derajat kejenuhan juga berpengaruh namun kembali bergantung pada kemampuan daya serap batuan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pengolahan data diketahui:

1. Nilai Kuat Tekan Batuan rata-rata sebesar 54,182MPa dengan rentang nilai 53,224-55,087MPa.
2. Nilai Bobot Isi linier terbalik (negatif) terhadap Porositas dengan R^2 ; Bobot Asli 0,9521, Bobot Kering 0,943 dan Bobot Jenuh 0,9467.
3. Nilai Porositas rata-rata sebesar 2,108% dengan rentang nilai 1,486-2,944% masuk ke dalam kategori porositas sangat buruk dan linier terbalik (negatif) terhadap UCS dengan R^2 sebesar 0,8921
4. Nilai Kadar Air rata-rata sebesar 0,182% dengan rentang nilai 0,144-0,229% yang linier terbalik (negatif) terhadap UCS dengan R^2 sebesar 0,8185
5. Nilai Derajat Kejenuhan rata-rata sebesar 22,659% dengan rentang nilai 19,9-25% yang linier terbalik (negatif) terhadap UCS dengan R^2 sebesar 0,8185



Dari data poin di atas, dapat disimpulkan semakin besar nilai Bobot isi maka porositas akan semakin kecil. Semakin besar nilai porositas dan kadar air pada batuan maka semakin kecil kekuatan batuan. Sebaliknya, semakin tinggi derajat kejenuhan batuan, makin besar pula nilai kekuatannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama-tama rasa syukur Penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, berkat rahmat-Nya proses yang sssberjalan dalam melakukan penelitian ini dapat berjalan dengan baik. Tidak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada Bapak Yudho Dwi Galih Cahyono S.T.,M.T selaku Dosen Kestabilan Lereng yang telah membimbing dalam pembuatan jurnal ini. Tidak lupa juga kepada Dinas PUP-ESDM DIY yang telah memperbolehkan kami melakukan pengujian labotatorium Mekanika Batuan serta teman-teman yang ikut berpartisipasi secara langsung yang tidak bisa Penulis sebutkan satu-persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- Amala, S. A. (2018). *Analisis Kestabilan Lereng Tunggal 3D Berdasarkan Hasil Kekuatan Batuan Utuh dan Massa Batuan Batugamping PT Omya Indonesia Tahunan, Rembang, Jawa Tengah*. 27–70.
- Batuan, B. A. B. M. (2007). *Mekanika batuan untuk rekayasa pertambangan*.
- Dan, P., Kwat, N., & Bangunan, S. B. (2017). *Kualitas andesit di daerah batuajajar, kecamatan batuajajar timur, kabupaten bandung barat berdasarkan analisis petrografi dan nilai kuat tekan, sebagai bahan bangunan*. September, 1011–1018.
- Hastomo, B. (2009). *Analisis Pengaruh Sifat Mekanik Material Terhadap Distribusi Tegangan Pada Proses Deep Drawing Produk End Cup Hub Body Maker dengan Menggunakan Software Abaqus 6.5-1*. 28–29.
- Herastuti, K. A., & Ira, N. P. (2016). *Studi Analisis Pengaruh Variasi Ukuran Butir batuan terhadap Sifat Fisik dan Nilai Kuat Tekan*.
- Kinasih, T. A. P., Darmawan, A. D. P., Ramadhan, R. F., & Utama, W. (2020). *Analisa Pengaruh Porositas Terhadap Nilai Kuat Tekan Batuan Andesit Dengan Menggunakan Model Regresi Hasselman Dan Ryshkewitch Berbasis Matlab*. *Jurnal Fisika Indonesia*, 24(3), 131. <https://doi.org/10.22146/jfi.v24i3.56549>
- Lan, L. (n.d.). *M III KUAT TEKAN UNIAXIAL (Uniaxial Compression Test)*.
- 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.
- Pinasthi, M., & Hendratno, A. (2016). *Studi Geologi dan Kualitas Andesit di Daerah Hargorojo, Kecamatan Bagelen, Kabupaten Purworejo sebagai Bahan Bangunan*. *Seminar Nasional Kebumihan Ke-9*, 485–496.
- Rahman, A., & Muhyiddin, F. N. (2018). *Uji Laboratorium Mekanika Batuan Menggunakan Metode Unconfined Compressive Strength (Ucs) Pada Batuan Inti (Core) Batu Pasir*. *Jurnal Migasian*, 2(2), 35. <https://doi.org/10.36601/jurnal-migasian.v2i2.44>
- Widagdo, A., Paramumijono, S., Harijoko, A., & Setiawan, A. (2016). *Preliminary Study of Geological Structures Control for the Distribution of Rocks in Kulonprogo Mountain Region Yogyakarta*. *Proceedings of National Earth Conference*, 9–20.