

## ANALISIS PENGARUH POROSITAS TERHADAP UJI KUAT TEKAN UNIAXIAL PADA BATU GAMPING

Kevin Dave Ariyanto\*<sup>[1]</sup>, Serin Rabin<sup>[1]</sup>, Dewy Belavista Saleky<sup>[1]</sup>, Aloysius Titirloloby<sup>[1]</sup>,  
Yudho Dwi Galih Cahyono<sup>[1]</sup>

<sup>[1]</sup> Teknik Pertambangan, Fakultas Teknolgi Mineral dan Kelautan,  
Insititut Teknologi Adhi Tama Surabaya  
Jln. Arief Rachman Hakim No. 100 Surabaya

\*e-mail: davekevin45@yahoo.co.id

### **ABSTRAK**

Uji sifat fisik batuan adalah pengujian pada batuan untuk diketahui sifat fisik (bobot isi, berat jenis, kadar air, derajat kejenuhan, porositas dan angka pori) dari batuan tersebut. Uji kuat tekan uniaksial ialah bagaimana batuan tersebut bisa bertahan dalam sifat elastisitasnya sebelum runtuh. Dimana UCS dilakukan menggunakan alat uji tekan contoh batuan dari satu arah (*uniaxial*). Kuat Tekan Uniaksial dan sifat fisik merupakan parameter yang menentukan dalam hal rekayasa mekanika batuan salah satunya dalam proyek pertambangan. Kuat tekan uniaksial pada batuan berpengaruh terhadap nilai porositas suatu batuan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai porositas dan pengaruhnya terhadap nilai kuat tekan batuan. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, dilakukan dengan melakukan perhitungan pada uji kuat tekan uniaksial untuk mendapat nilai kuat tekannya dan uji fisik sehingga didapat nilai porositas. Pengujian sifat fisik dan kuat tekan uniaksial dilakukan terhadap masing-masing contoh batuan batu gamping sebanyak lima contoh batuan dengan ukuran  $L = 2D$ . Selanjutnya dianalisis hubungan antara nilai porositas dengan hasil uji kuat tekan uniaksialnya. Hasil pengujian menunjukkan nilai porositas 6.30% (Sampel 1), 8.55% (Sampel 2), 8.20% (Sampel 3), 10.79% (Sampel 4), 11.37% (Sampel 5) dan nilai kuat tekan batuan 8.24 MPa (Sampel 1), 8.23 MPa (Sampel 2), 7.94 MPa (Sampel 3), 5.87 MPa (Sampel 4), 8.37 MPa (Sampel 5). Sehingga data yang didapatkan dari uji lab dapat diketahui bahwa rata-rata nilai porositas yang didapatkan yaitu 9.09 % dan nilai kuat tekannya yaitu 7.73 MPa.

*Kata kunci:* Batu gamping, kuat tekan uniaksial, uji sifat fisik, porositas

### **ABSTRACT**

*Test the physical properties of rocks is a test on rocks to determine the physical properties (fill weight, specific gravity, water content, degree of saturation, porosity and pore number) of these rocks. The uniaxial compressive strength test is how the rock can survive its elasticity before it collapses. Where UCS is carried out using a uniaxial rock sample press instrument. Uniaxial Compressive Strength and physical properties are the decisive parameters in rock mechanical engineering, one of which is in mining projects. Uniaxial compressive strength on rocks influences the porosity value of a rock. This research was conducted to analyze the porosity value and its effect on the compressive strength value of rocks. This research uses quantitative methods, carried out by calculating the uniaxial compressive strength test to get the compressive strength value and physical test so that the porosity value is obtained. Testing the physical properties and uniaxial compressive strength were performed on each limestone rock sample of five rock samples with size  $L = 2D$ . Then the relationship between porosity values and the uniaxial compressive strength test results is analyzed. The test results show porosity values of 6.30% (Sample 1), 8.55% (Sample 2), 8.20% (Sample 3), 10.79% (Sample 4), 11.37% (Sample 5) and rock compressive strength values 8.24 MPa (Sample 1), 8.23 MPa (Sample 2), 7.94 MPa (Sample 3), 5.87 MPa (Sample 4), 8.37 MPa (Sample 5). So the data obtained from the lab test can be seen that the average porosity value obtained is 9.09% and the compressive strength value is 7.73 MPa.*

*Keywords:* Limestone, uniaxial compressive strength, physical property test, porosity

### **PENDAHULUAN**

Uji kuat tekan uniaksial dan uji sifat fisik merupakan parameter yang menentukan dalam hal rekayasa mekanika batuan.

Data uji fisik batuan diperlukan untuk menentukan jumlah alat mekanis saat penggalian hingga pemuatan batuan (bahan galian). Sedangkan data pada porositas, kandungan air, dan derajat kejenuhan digunakan untuk

Kuat tekan uniaksial digunakan sebagai salah satu pertimbangan dalam memilih metode pemberaian batuan suatu kegiatan penambangan apakah menggunakan metode peledakan ataupun menggunakan alat mekanis.

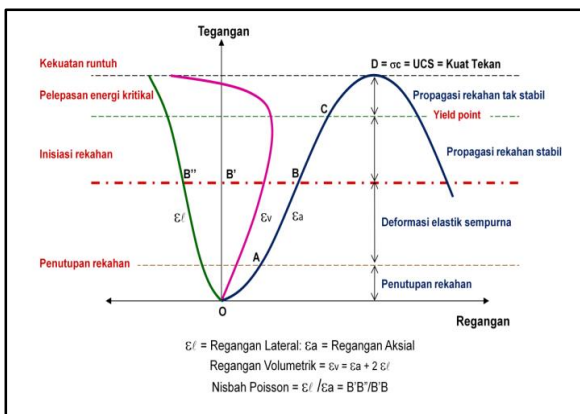
mengidentifikasi geohidrologi penambangan. Uji kuat tekan dan uji fisik batuan saling mempengaruhi dalam kestabilan lereng tambang baik pada tambang terbuka maupun pada tambang bawah tanah. Adapun tujuan

penelitian ini adalah menganalisis nilai porositas dan pengaruhnya terhadap nilai kuat tekan uniaksial batuan.

**KAJIAN PUSTAKA**

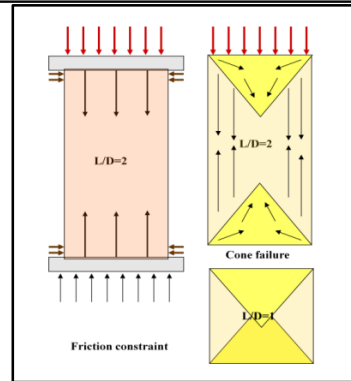
***Uniaxial Compressive Strength (UCS)***

Uji kuat tekan uniaksial atau *Uniaxial Compressive Strength (UCS)* merupakan perbandingan tekanan yang diberikan pada contoh batuan terhadap luas permukaan contoh batuan yang terkena tekanan. Kuat tekan ini dihitung pada saat tiap contoh batuan yang mengalami keruntuhan (*failure*) dengan beban (P) yang bekerja ketika terjadinya keruntuhan. Pada sebuah kurva tegangan-regangan dapat dilihat bahwa kuat tekan uniaksial tiap contoh batuan terdapat pada bagian puncak (*peak*).



Gambar 1: Kurva tegangan-regangan pada uji kuat tekan uniaksial

Pengujian ini menggunakan mesin penekan (*compression machines*) untuk menekan contoh batuan yang berbentuk silinder, balok, maupun prisma dari satu arah. Secara teoritis, 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 ISRM (1981), syarat contoh batuan uji berbentuk silinder adalah L/D antara 2,5 sampai 3 dan untuk ukuran diameter (D) tidak kurang dari ukuran NX, yaitu kurang lebih adalah 54 mm. Contoh batu yang memiliki L/D > 2,5 akan memiliki nilai UCS yang lebih kecil serta lebih cepat dalam mengalami keruntuhan dibanding dengan contoh batuan yang memiliki L/D < 2. Untuk kondisi contoh batuan dengan L/D = 1 kondisi sebuah tegangan pada suatu batuan akan saling bertemu sehingga akan memperbesar nilai kuat tekan.



Gambar 2: Pendistribusian tegangan pada contoh batuan pada uji kuat tekan uniaksial

Untuk menghitung nilai kuat tekan uniaksial batuan, dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

$\sigma_c$  = Kuat tekan uniaksial batuan (MPa)

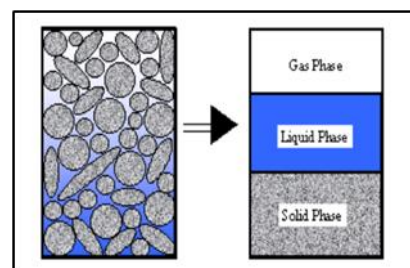
P = Tekanan (Gaya) yang diberikan pada contoh batuan agar runtuh (kN)

A = Luas permukaan yang terkena tekanan/gaya (mm<sup>2</sup>)

Kuat tekan batuan sangat berkaitan erat dengan porositas. Semakin besar nilai porositas maka semakin lemah batumannya, namun apabila semakin kecil nilai porositas maka nilai kuat tekan batuan semakin besar, hal ini disebabkan karena adanya faktor kompaksi (Schon, 2011).

**Uji Sifat Fisik**

Karakteristik dasar batuan perilaku batuan dipengaruhi oleh sifat fisik batuan. Perbedaan komposisi/perbandingan padatan (*solid*), air (*water*) dan udara (*air*) yang membuat perbedaan perilaku tersebut yang kemudian berkaitan erat dengan kekuatan batuan saat dilakukan pengujian mekanik



Gambar 3: Komposisi batuan secara umum

Salah satu parameter uji sifat fisik adalah porositas. Porositas adalah perbandingan volume pori/rongga/ruang kosong yang ada pada batuan dengan volume total batuan, yang bernilai sebagai persentase antara 0 – 100%. Semakin tinggi nilai

porositas maka menunjukkan semakin banyak ruang kosong sebuah batuan tersebut. Besar kecilnya nilai porositas dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: ukuran butir, susunan butir, sudut kemiringan dan komposisi mineral pembentuk batuan.

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

### **Porositas**

Porositas adalah perbandingan volume pori/rongga/ruang kosong yang ada pada batuan dengan volume total batuan. Dengan adanya porositas dapat menunjukkan potensi volume air, udara, maupun gas pada suatu batuan. Porositas juga mempengaruhi sifat fisik batuan seperti kecepatan gelombang elastis, resistivitas elektrik dan densitas batuan (Schon, 2011). Menurut Schon (2011), faktor-faktor yang dapat mempengaruhi nilai porositas pada suatu batuan yaitu sebagai berikut:

1. Ukuran butir (*grain size*)  
Semakin kecil suatu ukuran butir maka rongga yang terbentuk juga semakin kecil dan sebaliknya apabila suatu ukuran butir semakin besar maka rongga yang terbentuk juga semakin besar.
2. Bentuk butir (*sphericity*)  
Batuan dengan bentuk butir menyudut memiliki nilai porositas yang besar, dibanding dengan batuan yang bentuk butir membulat yang memiliki nilai porositas yang kecil.
3. Susunan butir  
Jika ukuran pada butirnya memiliki kesamaan maka susunan butir sama dengan bentuk kubus dan memiliki nilai porositas yang lebih besar dibanding dengan yang memiliki bentuk rhombohedral.
4. Pemilahan  
Jika pada batuan memiliki butiran yang baik maka terdapat sebuah keseragaman sehingga nilai porositasnya tentunya akan baik pula. Pemilahan yang kurang baik dapat menyebabkan butiran yang memiliki ukuran kecil akan menempati rongga-rongga pada butiran yang lebih besar akibatnya nilai porositasnya menjadi rendah.
5. Komposisi mineral  
Jika mineral penyusun batuan merupakan mineral yang mudah larut seperti mineral karbonat maka nilai porositasnya menjadi baik karena akibat proses pelarutan dari batuan tersebut.
6. Sementasi Material  
Material semen pada batuan dapat mengurangi suatu nilai porositas. Material-material semen

tersebut yaitu berupa silika, oksida besi, dan mineral lempung.

### 7. Kompaksi dan pemampatan

Jika terdapat kompaksi dan pemampatan maka hal tersebut dapat mengurangi nilai porositas. Sehingga batuan yang terdapat jauh dibawah permukaan maka akan memiliki porositas yang semakin kecil yang diakibatkan adanya penambahan beban.

### **METODE PENELITIAN**

Metode penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Dimana metode ini dilakukan dengan melakukan perhitungan pada uji kuat tekan uniaksial untuk mengetahui nilai kuat tekan batuan lalu dilanjut dengan uji sifat fisik untuk mengetahui nilai porositas batuan tersebut. Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Pengambilan contoh batuan  
Contoh batuan batu gamping/batu kapur ini diambil di area tambang rakyat Bukit Jaddih Madura. Dimana perjalanan bisa dilakukan menggunakan jalur darat sekitar kurang lebih 1.5 – 2 jam dari Surabaya (ITATS). Pengambilan contoh batuan ini dilakukan dengan menggunakan peralatan manual yang sederhana seperti palu geologi.
2. Preparasi contoh batuan  
Setelah contoh batuan didapatkan, kemudian dilakukan preparasi contoh batuan yaitu dengan cara membuat contoh batuan yang awalnya berupa bongkahan menjadi sebuah balok-balok dengan ukuran  $L = 2D$  sesuai ukuran alat uji kuat tekan uniaksial.
3. Uji kuat tekan uniaksial  
Setelah contoh batuan berbentuk balok dengan ukuran  $L = 2D$ , contoh batuan tersebut dimasukkan kedalam plat pada alat uji kuat tekan uniaksial. Lalu mengatur tekanan/gaya/beban yang akan digunakan untuk menekan contoh batuan tersebut. Contoh batuan ditekan secara uniaksial/satu arah secara vertikal hingga contoh batuan tersebut pecah/hancur. Dan melihat semua *record* hasilnya pada komputer yang sudah terhubung dengan alat uji kuat tekan uniaksial tersebut.
4. Uji sifat fisik  
Setelah dilakukan uji kuat tekan uniaksial lalu dilanjut dengan uji sifat fisik untuk mengetahui nilai porositasnya. 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 penjemuran contoh batuan dengan cara merendam contoh batuan selama 24 jam untuk mendapatkan nilai  $W_w$ . Lalu contoh batuan tersebut digantung dalam air untuk mendapatkan nilai  $W_s$ . Kemudian dioven/dikeringkan dengan temperatur  $90^\circ\text{C}$  selama 24 jam untuk mendapatkan nilai ( $W_o$ ).

### 5. Pengolahan data

Setelah semua data baik dari data uji kuat tekan uniaksial maupun data uji sifat fisik diketahui, dilanjutkan dengan mengolah data sehingga didapatkan nilai kuat tekan batuan dan nilai porositas yang untuk dianalisis lebih lanjut.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi penelitian mengenai sifat fisik dan sifat mekanik pada suatu batuan memiliki keterkaitan yang dimana saling mempengaruhi. Uji sifat fisik sendiri salah satunya memberikan nilai porositas dan uji sifat mekanik memberikan nilai kuat tekannya. Dimana nilai porositas dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$n = \frac{W_w - W_o}{W_w - W_s} \times 100\%$$

Dan nilai kuat tekan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\sigma_c = \frac{P}{A}$$

Adapun hasil laboratorium dan perhitungan yang didapat sebagai berikut:

Tabel 1: Data uji sifat fisik

Sampel Ket.	1	2	3	4	5	Rata-Rata
Porositas (%)	6.30	8.55	8.20	10.79	11.59	9.09
Kadar air asli (%)	0.63	1.51	1.34	2.19	3.11	1.76
Kadar air jenuh (%)	2.48	3.47	3.30	4.56	4.85	3.73
Derajat kejenuhan (%)	25.24	43.40	40.59	48.00	64.02	44.25

Sumber: Data penelitian, 2020

Tabel 2: Data uji kuat tekan uniaksial batuan

Ket.	1	2	3	4	5	Rata-Rata
Nilai kuat	8.24	8.23	7.94	5.86	8.37	7.73

tekan (MPa)						
Modulus elastisitas (MPa)	5000	7466.667	1805	980	2544.44	3559.22
Nisbah poisson	0.05	0.36	0.16	0.36	0.05	0.20

Sumber: Data penelitian, 2020

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik dan sifat mekanik (uji kuat tekan uniaksial) yang telah dilakukan pada contoh batuan pada laboratorium, didapatkannya data uji laboratorium yang dimana diketahui masing-masing nilai porositas dan nilai kuat tekan pada setiap contoh batuan. Nilai porositas yang didapatkan dari setiap contoh batuan yaitu 6.30 %, 8.55 %, 8.20 %, 10.79 %, dan 11.59 %, serta rata-rata nilai porositasnya sebesar 9.09 %. Nilai kuat tekan yang didapatkan dari setiap contoh batuan yaitu 8.24 MPa, 8.23 MPa, 7.94 MPa, 5.86 MPa, dan 8.37 MPa, serta rata-rata nilai kuat tekannya sebesar 7.73 MPa. Sehingga dengan nilai rata-rata porositas dan nilai rata-rata kuat tekan yang didapatkan maka batuan gamping didaerah penelitian ini termasuk batu gamping yang buruk karena memiliki nilai porositas yang tinggi dan nilai kuat tekan yang rendah.

## DISKUSI

Pada kondisi di alam, batuan dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan yang dimana faktor-faktor tersebut seperti cuaca dan pelapukan dapat mempengaruhi sifat fisik pada suatu batuan tersebut. Sifat fisik suatu batuan itu sendiri mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap sifat mekaniknya. Berdasarkan kajian pustaka dan hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa nilai porositas contoh batuan yaitu batu gamping termasuk dalam batuan dengan porositas yang buruk. Dimana kondisi porositas yang buruk menghasilkan nilai kuat tekan atau kekuatan batuan yang rendah, dimana kebanyakan batu gamping memiliki kekuatan batuan sebesar 30 MPa. Hal tersebut disebabkan karena adanya rongga-rongga atau pori-pori yang terdapat pada contoh batuan yang cukup banyak dan inilah yang membuat kemasifan contoh batuan (batu gamping) rendah sehingga menurunkan kekuatan batuan tersebut.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan dapat disimpulkan bahwa adanya pengaruh nilai porositas terhadap nilai kuat tekan batuan atau kekuatan batu gamping. Dengan rata-rata nilai porositas batu gamping sebesar 9,09% maka batuan tersebut termasuk pada golongan batu gamping yang buruk karena terdapat cukup banyak rongga sehingga dengan kondisi tersebut membuat penurunan kekuatan batuan dimana berdasarkan penelitian batu gamping tersebut memiliki rata-rata nilai kuat tekan atau kekuatan

batuan sebesar 7.73 MPa dan nilai tersebut jauh dari standar kekuatan batu gamping pada umumnya.

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Pertama-tama penulis mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa dan beberapa pihak, khususnya kepada Bapak Yudho Dwi Galih Cahyono yang telah membantu dan membimbing baik proses penelitian maupun penyusunan jurnal penelitian, *ASIA Rock Test Geomechanic Laboratory* Yogyakarta yang telah membantu dan membimbing pada saat pengujian contoh batuan, serta teman-teman kelompok yang selalu membantu mulai dari pengambilan contoh batuan hingga penyusunan jurnal.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Budiman, A., Muslim, D., Yuniardi, Y., & Atmadibrata, R. M. R. (n.d.). *Salah satu hal yang penting untuk minyak bumi adalah efisiensi . Dalam kegiatan biaya yang dikeluarkan . Hambatan pada saat pemboran menghabiskan waktu yang lebih sehingga dapat memperbesar lama , Gambar 1 . Lokasi Daerah Penelitian Salah satu hambatan ya.* 240–251.
- Fadilah, F. N., Devy, S. D., Umar, H., Pertambangan, T., Teknik, F., & Mulawarman, U. (2016). *BERDASARKAN METODE GRADING PADA TAMBANG SAMARINDA KALIMANTAN TIMUR ( Rippability Analysis Of Rock Mass Based On Grading Method On Sandstone Mine At District Samarinda , East Kalimantan Province ).* 4(1), 15–22.
- Hasanah, N., Hakim, R. N., Santoso, E., & Melati, S. (n.d.). *ALTERNATIF PENENTUAN UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH BATULEMPUNG DARI POINT LOAD STRENGTH INDEX DAN REBOUND NUMBER SCHMIDT HAMMER.* 127–132.
- Herastuti, K. A., & Ira, N. P. (2016). *Studi Analisis Pengaruh Variasi Ukuran Butir batuan terhadap Sifat Fisik dan Nilai Kuat Tekan.*
- 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>
- Purwanto, Abdul Muhaimin, Djamaluddin, Ratna Husain, B. (2017). *Pengaruh Derajat Pelapukan Terhadap Kekuatan Batuan Pada Batuan Basal.* *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Iv, November*, 27–34.
- Ridwan, P., Arfiansyah, K., Kusumah, P. A., Amrullah, F., & Gani, R. M. G. (2018). *Identifikasi Karakteristik dan Kualitas Andesit Sebagai Bahan Bangunan Daerah Batujajar, Kecamatan Batujajar Timur, Kabupaten Bandung Barat.* *Padjajaran Geoscience Journal*, 2(3), 193–200. <http://jurnal.unpad.ac.id/geoscience/article/view/17262>
- Rosari, A. A., & Arsyad, M. (2018). *Analisis Sifat Fisis Dan Sifat Mekanik Batuan Karst Maros.* *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika*, 13(3), 276–281.
- Studi, P., Pertambangan, T., Teknik, F., & Dan, P. (2016). *STUDI PENENTUAN NILAI FRACTURE TOUGHNESS REKAHAN TIPE I SPESIMEN CRACKED CHEVRON NOTCHED SEMI-CIRCULAR BEND ( CCNSCB ) DAN STRAIGHT NOTCHED SEMI-CIRCULAR BEND ( SNSCB ) PADA UJI THREE POINT BENDING Oleh : SEMI-CIRCULAR BEND ( SNSCB ) PADA UJI THREE POINT.* 12112064.
- Tanjung, R. A., Widodo, N. P., Rai, M. A., Kramadibrata, S., Geomekanika, L., & Bandung, I. T. (2015). *Pengaruh karakteristik properti material uji terhadap tekanan pecah & panjang rekahan pengujian rekah hidraulik skala laboratorium ( Influence of test material properties characteristic to the breakdown pressure and crack length resulted by hydraulic fract.* 1993.