



## PENGARUH POROSITAS TERHADAP UJI KUAT TARIK PADA BATU GAMPING DAN BATU DOLOMITDI DESA SEKAPUK, KECAMATAN UJUNGPANGKAH, KABUPATEN GRESIK, PROVINSI JAWA TIMUR.

Putri Rizka Sania <sup>\*1</sup>, Armitha Tiwik Pritayanti <sup>1</sup>, Iksan <sup>1</sup>, Wilbert Hamonangan Purba <sup>1</sup>, Abel Danyswara <sup>1</sup>, Abu Anas Hadi <sup>1</sup>, Yusuf Pramujaningtyas N.P <sup>1</sup>, Frananda Riski Kartiko <sup>1</sup>, Rizky Ardhi Wiwaha <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Kota Surabaya

\*e-mail: [putririzkasania@gmail.com](mailto:putririzkasania@gmail.com)

### Info Artikel

Diserahkan:

11 Juli 2022

Direvisi:

22 Juli 2022

Diterima:

2 Agustus 2022

Diterbitkan:

6 Agustus 2022

### Abstrak

Parameter penentuan kekuatan batuan salah satunya adalah pengujian sifat fisik dan uji kuat tarik di laboratorium, hasil uji sifat fisik batuan tersebut dapat digunakan sebagai parameter penentuan keamanan lereng dalam kegiatan pertambangan. Kuat Tarik (*Tensile Strength*) merupakan suatu nilai tekanan maksimal yang kemudian dapat ditahan oleh suatu material tanah dan batuan sebelum hancur ketika ditarik. Salah satu sifat fisik batuan yang memiliki pengaruh terhadap nilai kuat tarik adalah porositas. Nisbah volume lubang batuan terhadap seluruh volume batuan yang dinyatakan dalam fraksi disebut porositas. Dari hasil pengujian didapatkan nilai rata-rata dari masing-masing kedua uji adalah mean dari porositas sebesar 7.84 % dan mean dari uji kuat tarik sebesar 5.10 MPa. Menganalisis pengaruh nilai porositas terhadap nilai kuat tarik batuan merupakan tujuan dari penelitian ini, yang mana hasil analisis dapat digunakan dalam proses pembuatan lereng dan analisis stabilitas lereng.

Kata kunci: batu gamping, dolomit, kuat tarik, porositas

### Abstract

One of the parameters for determining rock strength is physical properties testing and tensile strength tests in the laboratory. The results of these physical properties tests can be used as parameters for determining slope safety in mining activities. Tensile Strength (*Tensile Strength*) is a maximum pressure value that can then be held by a soil and rock material before breaking when pulled. One of the physical properties of rock that has an influence on the value of tensile strength is porosity. The ratio of the volume of rock holes to the entire volume of rock expressed in fractions is called porosity. From the test results, the average value of each of the two tests is the mean of porosity of 7.84% and the mean of tensile strength of 5.10 MPa. Analyzing the effect of porosity values on the tensile strength of rocks is the purpose of this study, which results of the analysis can be used in the process of making slopes and analyzing slope stability.

Keywords: geoscience, mining, and marine

Keywords: limestone, dolomite, tensile strength, porosity

## 1. Pendahuluan

Salah satu parameter dalam pengujian sifat fisik yaitu porositas. Menurut Schon (2011), Nisbah volume lubang batuan terhadap seluruh volume batuan yang dinyatakan dalam fraksi disebut porositas. Porositas dipengaruhi oleh komposisi batuan, distribusi batuan, sementasi, kompaksi, derajat kebundaran, struktur, usia dan ketebalan batuan [1]. Jika suatu batuan memiliki tingkat porositas rendah maka batuan memiliki mutu baik, dan jika porositas suatu batuan besar maka kekuatan batuan tersebut semakin lemah. Menurut teori, apabila conto yang digunakan semakin besar, maka conto tersebut lebih merepresentatifkan massa batuan [2].

Kuat tarik (*tensile strength, ultimate tensile strength*) merupakan kekuatan tertinggi yang tertahan oleh sebuah batuan apabila ditarik atau diregangkan sebelum conto tersebut terbelah [3]. *Brazilian Test* dikembangkan untuk mengukur kekuatan tarik bahan rapuh seperti batu dan beton. Pengujian kuat tarik ialah kebalikan dari pengujian kuat tekan, dan besarnya dapat berbeda. Pengujian kuat tarik seringkali digunakan untuk menentukan data kekuatan material [4]. Pengujian tarik dapat diukur ketahanannya dari suatu mineral dengan gaya statis secara perlahan [5].

*Brazilian Test* merupakan suatu cara pengujian kuat tarik pada tanah atau batuan yang tidak langsung dilakukan di lapangan dan dapat digunakan untuk mendapatkan nilai *tensile strength* suatu batuan yang berbentuk silinder dengan menggunakan mesin tekan konvensional seperti pada pengujian kuat tekan [6]. Pada pengaplikasiannya dilakukan uji kuat tarik tidak langsung yang diberikan beban dengan conto bentuk silinder dengan satu beban atau repetitif yang berproses secara paralel sejajar dengan vertikal bidang diameter benda uji. Menurut Han et al (2022), *brazilian test* sebagai alternatif pengujian digunakan untuk mengetahui nilai kuat tarik dari suatu material [7].

Menurut Jumikis (1983), nilai *Uniaxial Tensile Strength* (UTS) dari suatu batuan hanya 10% dari nilai *Uniaxial Compressive Strength* (UCS). Perbandingan antara *Uniaxial Tensile Strength* (UTS) terhadap *Uniaxial Compressive Strength* (UCS) umumnya disebut sebagai *Toughness Ratio* atau *Brittleness Index* (BI). Hasil *brazilian test* ini lebih akurat apabila dilakukan banding pada nilai kuat tarik dari *rule of thumb* yang biasanya digunakan di lapangan [8]. Nilai kuat Tarik (*Tensile Strength*) dan sifat fisik suatu batuan dapat mempengaruhi kestabilan pada kegiatan-kegiatan pertambangan seperti pembuatan lereng, pengeboran, peledakan, dan terowongan tambang [9].

Selain itu, data porositas dapat digunakan untuk mengidentifikasi geohidrologi suatu batuan yang ada di dalam akuifer. Dan data hasil uji kuat tarik biasanya dipakai sebagai tolak ukur penentuan metode dan mekanisme penambangan. Melalui analisa porositas dan pengaruhnya terhadap nilai kuat tarik batuan diharapkan mampu memberikan informasi terkait pengaruh porositas terhadap pengujian kuat tarik batuan. Dalam proses penelitian ini menggunakan material batu gamping dan batu dolomit yang diambil langsung dari Desa Sekapuk, Kabupaten Gresik, Kecamatan Ujungpangkah, Provinsi Jawa Timur [10].

## 2. Metodologi

Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan menggunakan metode kuantitatif, melalui pengujian di laboratorium untuk mendapatkan nilai porositas pada batu gamping dan batu dolomit [11]. Pengambilan sampel batu gamping dan batu dolomit dilakukan pada Maret tahun 2022. Pengambilan sampel berlokasi di Desa Sekapuk, Kabupaten Gresik, Kecamatan Ujungpangkah, Provinsi Jawa Timur. Lokasi penelitian dapat ditempuh dengan kendaraan pribadi, estimasi jarak 61 kilometer dan estimasi waktu kurang lebih 1 hingga 2 jam dari Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.

Beberapa tahapan dalam pengujian ini, yaitu :

### 1. Pengambilan sampel

Sampel yang digunakan adalah batu gamping dan batu dolomit dengan kondisi segar atau tidak terlapuk yang diambil menggunakan palu geologi sedimen dengan ukuran conto sebesar bongkah.

### 2. Preparasi conto

Conto yang akan dilakukan pengujian dibutuhkan disiapkan di laboratorium atau di lapangan. Pembuatan conto di laboratorium dilakukan dari bongkah batu yang diambil di lapangan menggunakan palu geologi kemudian di bor dengan penginti laboratorium. Conto dibentuk

silinder dengan diameter antara 50 – 70 mm, setelah itu dilakukan pemotongan menggunakan mesin potong batu, sehingga diperoleh tinggi conto sebesar dua kali diameternya [12].

### 3. Uji sifat fisik

Dalam pengujian sifat fisik ini yang diteliti adalah pengamatan porositas dari batu gamping dan dolomit, karena tingkat porositas akan mempengaruhi tingkat kemasifan/kekuatan dari batuan itu sendiri

Peralatan dalam pengujian sifat fisik :

- 1) Neraca listrik ketelitian 0,1 gram.
- 2) Desikator dan *pompa vacuum*, untuk menjenuhkan conto.
- 3) Oven, untuk pengeringan conto sesudah dijenuhkan.

Prosedur uji sifat fisik batuan:

- 1) Timbangan berat asli conto ( $W_n$ )
- 2) Menjenuhkan conto di desikator selama 24 jam.
- 3) Keluarkan conto setelah direndam 24 jam dan menimbang dalam keadaan jenuh sehingga diperoleh berat jenuh ( $W_w$ ).
- 4) Timbang kembali sampel pada keadaan jenuh dan tersuspensi dalam air, sehingga berat jenuhnya bergantung pada air ( $W_s$ ).
- 5) Selanjutnya conto dilakukan pengeringan kembali, dengan cara dimasukkannya ke dalam oven selama 24 jam dengan temperatur 90°C.
- 6) Setelah dioven dalam waktu sehari, kemudian menimbang setiap conto sehingga diperoleh berat kering ( $W_o$ ).

### 4. Uji kuat tarik

Setelah sampel batuan dilakukan uji sifat fisik maka dilanjutkan dengan uji kuat Tarik, dimana tahapan pengujian kuat Tarik ini dimulai dari sampel batuan yang di letakan pada alat pengujian kuat tarik. Lalu atur gaya, beban, dan tekanan pada sampel tersebut. Sampel tertekan seperti pengujian kuat tekan secara vertikal sampai sampel pecah. Setelah seluruh tahapan selesai maka semua hasilnya tercatat pada alat pengujian tersebut.

Markides dan Kourkoulis (2012) telah melakukan analisa tegangan pada sampel [13]. Sampel dilakukan uji melalui empat jenis pembebanan yang berbeda diantaranya yaitu pembebanan pada satu titik, tekanan radial terdistribusi merata, sinusoidal pemuatan, tekanan pemuatan parabola.

Peralatan dalam pengujian kuat tarik:

- 1) Lembaran atas baja sejumlah 2 didesain untuk bidang uji batuan dengan bentuk cakram dalam permukaan dengan diametral berlawanan melalui kontak busur berkisar 10° dari *failure*.
- 2) Tebalnya ganda (0,2-0,4 mm) selotip dengan lebar sedikit lebih besar dari ketebalan conto.
- 3) Alat sesuai standar ASTM Metode E4, konfirmasi dari Pengujian Mesin atau Standar Inggris 1610, Peringkat A atau Standar Jerman DIN 51 220 dan DIN 51 223, Kelas 1.
- 4) Dudukan bulat, dari mesin penguji ditempatkan dalam posisi terkunci, dua permukaan loading harus sejajar satu dengan yang lain.
- 5) Lebih disarankan mesin uji dilengkapi dengan perekam grafik untuk merekam beban terhadap perpindahan.

Prosedur pengujian sifat fisik batuan:

- 1) Benda yang akan diuji dipotong dan dicuci air bersih. Permukaan silinder wajib bebas dari bekas amplas dan kesalahan ketebalan conto < 0.025 mm. Dan permukaannya harus rata untuk mencapai 0,25 mm dan persegi dan sejajar dengan 0.25°.
- 2) Orientasi conto harus diketahui dan kadar air dikontrol atau diukur.
- 3) Diameter contoh tidak boleh kurang dari ukuran 54 mm, dan ketebalan kira-kira seukuran jari-jari conto.
- 4) Benda uji harus dililitkan disekelilingnya dengan lapisan selotip dan dipasang pada alat uji sehingga menopang benda uji dan alat secara kebetulan.
- 5) Beban pada conto diberikan secara terus menerus dengan laju yang konstan sehingga lapisan batuan terlemah terjadi dalam waktu 15-30 detik. Disarankan untuk menggunakan kecepatan pengisian 200 N/s.
- 6) Mesin uji dilengkapi perekam gaya/perpindahan, yang pencatatannya harus dilakukan selama pengujian sehingga beban pada gangguan utama dapat ditentukan secara akurat. Jika terjadi

kegagalan primer, pergerakan jarum indikator akan dihentikan sebentar, akan tetapi perbedaan beban pada kegagalan primer dan daya dukung hanya sekitar 5% dari muatan.

### 5. Pengolahan data

Sesudah keseluruhan nilai didapatkan dari hasil pengujian sifat fisik ataupun data uji kuat tarik maka semua data diolah, untuk mengetahui nilai porositas dan nilai kuat tarik maka akan dilakukan analisa berikutnya. Untuk mengetahui besaran nilai dari porositas bisa dihitung dengan rumus:

$$n = \frac{W_w - W_0}{W_w - W_s} \times 100\%$$

Keterangan:

$n$  = Porositas (%)

$W_w$  = Conto Batuan Jenuh (gr)

$W_0$  = Conto Batuan Kering (gr)

$W_s$  = Conto Batuan Jenuh Tergantung di Dalam Air (gr)

*The International Society for Rock Mechanics (ISRM)* mengakui metode standar tes digunakan untuk pengukuran tidak langsung dari kekuatan tarik sesuai dengan rumus.

Untuk perhitungan nilai kuat Tarik, dapat dengan rumus :

$$\sigma_t = \frac{2F}{\pi tD}$$

Keterangan:

$\sigma_t$  = Kuat Tarik (MPa)

F = Gaya Saat Sampel Hancur (N)

D = Diameter Sampel (mm)

### 3. Hasil dan pembahasan

Dalam sebuah penyelidikan terkait sifat fisik dan sifat mekanik terhadap suatu sampel yang keduanya sama-sama berpengaruh. Dalam pengujian sifat fisik diperoleh data porositas dan pada pengujian di laboratorium diperoleh data kuat tarik dari batuan. Berikut adalah data-data dari hasil perhitungan kuat tarik dan analisis laboratorium:

**Tabel 1.** Data Uji Sifat Fisik Batu Gamping

Keterangan	Sampel			Rata-Rata	Standar Deviasi
	1	2	3		
Porositas (%)	13.95	8.75	3.60	8.77	5.18
Kadar Air Asli (%)	0.38	2.46	2.02	1.62	1.10
Kadar Air Jenuh (%)	1.42	6.14	3.67	3.74	2.36
Derajat Kejenuhan (%)	27.16	40.00	54.95	40.70	13.91

Sumber: Data penelitian, 2022

**Tabel 2.** Data Uji Sifat Fisik Batu Dolomit

Keterangan	Sampel			Rata-Rata	Standar Deviasi
	1	2	3		
Porositas (%)	9.51	5.93	5.18	6.87	2.31
Kadar Air Asli (%)	0.34	0.80	0.47	0.54	0.24
Kadar Air Jenuh (%)	2.37	2.12	4.37	2.95	1.23
Derajat Kejenuhan (%)	14.49	37.50	10.74	20.91	14.49

Sumber: Data penelitian, 2022

**Tabel 3.** Data Uji Kuat Tarik Batu Gamping

Keterangan	Sampel			Rata-Rata	Standar Deviasi
	1	2	3		
Nilai Kuat Tarik (Mpa)	5.32	5.44	5.76	5.51	0.23
Gaya (Kg)	4090.20	3897.72	3560.88	3849.60	267.92
Diameter (Cm)	5.23	5.21	5.19	5.21	0.02
Tebal Batuan (Cm)	9.15	8.27	8.21	8.54	0.53

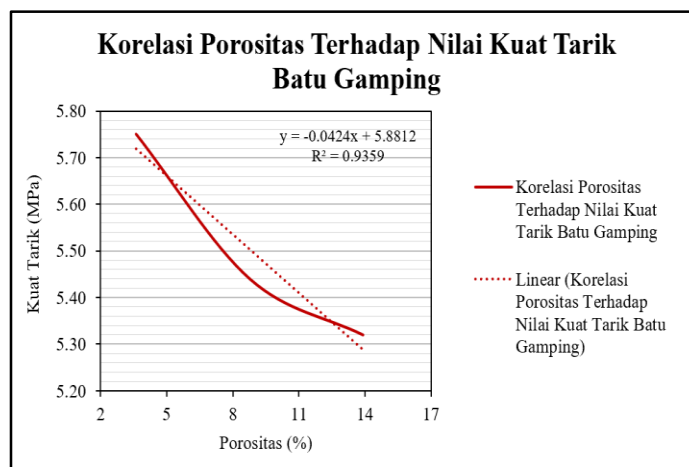
Sumber: Data penelitian, 2022

**Tabel 4.** Data Uji Kuat Tarik Batu Dolomit

Keterangan	Sampel			Rata-Rata	Standar Deviasi
	1	2	3		
Nilai Kuat Tarik (Mpa)	4.43	4.82	4.85	4.70	0.23
Gaya (Kg)	3344.34	3296.22	3416.52	3352.36	60.55
Diameter (Cm)	5.26	5.22	5.13	5.20	0.07
Tebal Batuan (Cm)	8.41	9.08	8.74	8.74	0.34

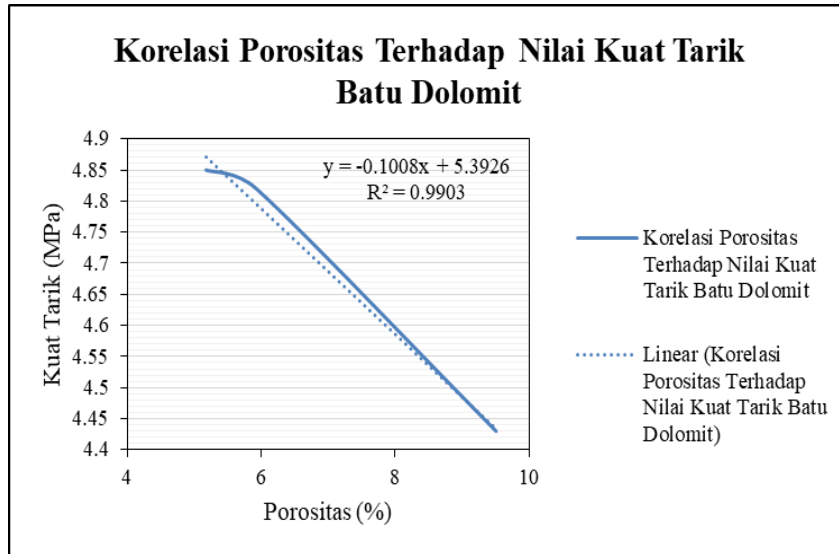
Sumber: Data penelitian, 2022

Berdasarkan nilai pengujian sifat fisik berupa porositas dan sifat mekanik berupa uji kuat tarik yang telah dilaksanakan di laboratorium pada contoh batuan, didapatkan data uji laboratorium dimana diketahui masing-masing nilai porositas batu gamping sebesar 3.60 %, 13.95 %, 8.87 %, dan porositas batu dolomit sebesar 5.93 %, 5.18 %, dan 9.51 %, mempunyai nilai rata-rata porositas batu gamping sebesar 8.80% dan nilai rata-rata porositas batu dolomit sebesar 6.87 %, serta dengan nilai rata-rata porositas untuk keenam sampel tersebut yaitu 7.84 %. Dari hasil perhitungan dan pengujian dihasilkan nilai kuat tarik untuk masing-masing sampel batu gamping yaitu sebesar 5.44 MPa, 5.76 MPa, 5.32 MPa, dan untuk sampel batu dolomit sebesar 4.81 MPa, 4.43MPa, dan 4.85 MPa dengan nilai rata-rata uji kuat tarik pada sampel batu gamping sebesar 5.51 MPa dan nilai rata-rata uji kuat tarik pada sampel batu dolomit sebesar 4.70 MPa. Dapat ditarik kesimpulan, bahwasannya nilai presentase porositas dapat berpengaruh terhadap nilai kuat tarik, semakin besar nilai porositasnya maka kuat tarik yang dimiliki menjadi semakin kecil dan begitu pula sebaliknya. Adapun grafik dapat diamati sebagai berikut :



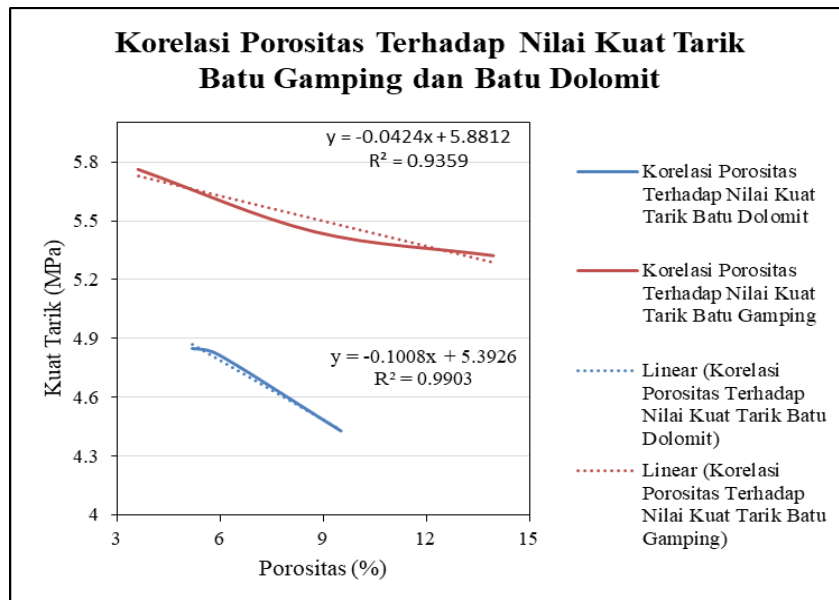
Sumber: Data penelitian, 2022

**Gambar 1.** Korelasi Porositas Terhadap Uji Kuat Tarik pada Batu Gamping



Sumber: Data penelitian, 2022

**Gambar 2.** Korelasi Porositas Terhadap Uji Kuat Tarik pada Batu Dolomit



Sumber: Data penelitian, 2022

**Gambar 3.** Korelasi Porositas Terhadap Uji Kuat Tarik pada Batu Gamping dan Dolomit

Kondisi sampel telah terpengaruh oleh berbagai faktor, misalnya faktor cuaca/iklim, temperatur, tekanan dan vegetasi. Berdasarkan analisis kajian pustaka dan pengolahan data hasil analisis laboratorium dapat ditarik kesimpulan bahwa porositas pada contoh batu gamping dan dolomit dapat mempengaruhi nilai tarik pada masing-masing batuan tersebut. Dengan kondisi nilai porositas yang kecil maka didapat nilai kuat tarik atau kekuatan pada batuan menjadi besar, begitupun sebaliknya. Didapatkan data uji laboratorium masing-masing nilai rata-rata porositas batu gamping sebesar 8.77% dan nilai rata-rata porositas batu dolomit sebesar 6.87%. Dilihat dari perolehan nilai rata-rata masing-masing batuan dapat dianalisa bahwa presentase porositas batu dolomit lebih kecil daripada nilai presentase porositas batu gamping. Semakin tinggi nilai porositas menyatakan bahwa semakin banyak jumlah pori pada batuan yang mana mengakibatkan menurunnya tingkat kemasifan batuan. Dari hasil pengujian dan perhitungan dihasilkan nilai kuat tarik untuk masing-masing sampel nilai rata-rata uji kuat tarik sampel batu gamping sebesar 5.51 MPa dan nilai rata-rata uji kuat tarik pada sampel batu dolomit sebesar 4.70 MPa. Analisis dari pengujian dan perhitungan yang telah dilakukan diperoleh

kesimpulan nilai kuat tarik pada batu dolomit lebih kecil daripada batu gamping hal ini dipengaruhi oleh nilai porositas masing-masing batuan, dimana apabila suatu batuan memiliki nilai porositas tinggi maka akan menurunkan nilai uji kuat tariknya. Selain porositas jenis material penyusun batuan dan genesa batuan juga dapat berpengaruh besar dalam pengujian sifat fisik dan kuat tarik batuan. Besar kecilnya nilai *tensile strength* dipengaruhi oleh jumlah rongga-rongga pada pori batuan, karena itulah kemasifan batuan conto tergolong rendah, yang menyebabkan menurunnya nilai kuat tarik pada batuan setelah dilakukan pengujian. Hal ini diperkuat dengan perolehan hubungan korelasi masing-masing conto, korelasi pada conto batu gamping diperoleh 0.9359 yang menunjukkan adanya hubungan korelasi yang sempurna antara porositas dengan nilai kuat tarik sedangkan pada batu dolomit korelasi hubungan diperoleh 0.9903 yang menyatakan hubungan hubungan sempurna antara porositas dan nilai kuat tarik pada batu dolomit.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwasannya diperoleh korelasi hubungan sempurna antara porositas terhadap nilai kuat tarik pada batu gamping dan dolomit. Dinyatakan nilai rata-rata uji kuat tarik sampel batu gamping sebesar 5.51 MPa dan nilai rata-rata uji kuat tarik pada sampel batu dolomit sebesar 4.70 MPa, hal ini dipengaruhi oleh porositas yang dimiliki oleh batuan tersebut. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai uji kuat tarik dipengaruhi oleh jumlah rongga-rongga pori pada batuan, semakin kecil presentase porositasnya (sedikitnya jumlah pori-pori) maka kuat tarik batuan akan semakin besar begitu juga sebaliknya. Dimana dapat dilihat batu yang diuji memiliki kekuatan tarik yang lemah menandakan batuan ini rapuh atau kemasifannya rendah.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak Yudho Dwi Galih Cahyono, S.T.,M.T selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memotivasi kami dalam penyusunan prosiding ini, dan juga kepada teman-teman kelompok kerja yang turut serta membantu menyelesaikan penelitian ini hingga dapat terselesaikan dengan baik. Serta kami sampaikan terima kasih kepada SEMITAN IV yang telah menyelenggarakan kegiatan publikasi sehingga kami dapat menyalurkan karya ilmiah yang telah kami susun dengan semaksimal mungkin.

#### References:

- [1] K. D. Ariyanto *et al.*, “Analisis pengaruh porositas terhadap uji kuat tekan uniaxial pada batu gamping,” *PROSIDING, Semin. Teknol. Kebumihan dan Kelaut. (SEMITAN II)*, pp. 467–471, 2020.
- [2] Y. D. G. Cahyono, L. Utamakno, H. Bahar, and H. S. Wiyanti, “PENGARUH EFEK SKALA PADA UJI UCS DALAM MENENTUKAN KESTABILAN PILAR,” *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap. VI*, vol. 2, pp. 249–254, 2018, [Online]. Available: <http://ejournal.itats.ac.id/sntekpan/article/view/408>
- [3] ASTM, “Standard Test Method for Indirect Tension Test for Resilient Modulus of Bituminous Mixtures,” *Annu. B. Am. Soc. Test. Mater. ASTM Stand.*, vol. 82, no. Reapproved, pp. 2–5, 1995.
- [4] M. A. Rai, S. Kramadibrata, and R. K. Watimena, *Mekanika Batuan*. Bandung: ITB, 2014.
- [5] T. Kazerani, “A discontinuum-based model to simulate compressive and tensile failure in sedimentary rock,” *J. Rock Mech. Geotech. Eng.*, vol. 5, no. 5, pp. 378–388, 2013, doi: 10.1016/j.jrmge.2013.07.002.
- [6] A. Lavrov and A. Vervoort, “Theoretical treatment of tangential loading effects on the Brazilian test stress distribution,” *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, vol. 39, no. 2, pp. 275–283, 2002, doi: 10.1016/S1365-1609(02)00010-2.
- [7] D. Han, J. Zhu, and Y.-F. Leung, “Failure strength and fracture characteristics of rock with discontinuity under indirect tension,” *J. Rock Mech. Geotech. Eng.*, no. xxxx, pp. 1–13, 2022, doi: 10.1016/j.jrmge.2022.02.007.
- [8] M. Cai<sup>1</sup> and P. K. Kaiser<sup>1</sup>, “NUMERICAL SIMULATION OF THE BRAZILIAN TEST AND THE TENSILE STRENGTH OF ANISOTROPIC ROCKS AND ROCKS WITH PRE-EXISTING CRACKS,” *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, vol. 41, no. 3, pp. 1–6, 2004.
- [9] R. S. Zakri, I. Prengki, and G. Saldy, “Hubungan Kuat Tekan Uniaksial dan Kuat Tarik Tidak Langsung Pada Batuan Sedimen Dengan Nilai Kuat Tekan Rendah,” *J. Bina Tambang*, vol. 5,

- no. 3, pp. 59–70, 2020.
- [10] A. Maulana, Z. Sa'adah, A. E. Syahputra, M. A. Saputri, W. Saputra, and Y. D. G. Cahyono, "Analisis Efek Skala Pada Pengujian Kuat Tekan Uniaksial Terhadap Batugamping Pada Desa Delegan, Kecamatan Panceng, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap. IX*, pp. 147–152, 2021, [Online]. Available: <http://ejurnal.itats.ac.id/sntekpan/article/view/2208>
- [11] Y. D. G. Cahyono, L. Utamakno, S. Ayunida, G. V. Yama, M. Fathurrosyidi, and S. Allobunga, "Analisis Pengaruh Skala Terhadap Terhadap Uji Kuat Tekan Uniaksial Pada Batu Andesit," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap.*, vol. VIII, pp. 77–82, 2020, [Online]. Available: <http://ejurnal.itats.ac.id/sntekpan/article/view/1218>
- [12] Z. T. Bieniawski and I. Hawkes, "Suggested Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials," *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, vol. 15, no. 3, pp. 99–103, 1978.
- [13] C. F. Markides and S. K. Kourkoulis, "The stress field in a standardized Brazilian disc: The influence of the loading type acting on the actual contact length," *Rock Mech. Rock Eng.*, vol. 45, no. 2, pp. 145–158, 2012, doi: 10.1007/s00603-011-0201-2.