

**EFEK SKALA TERHADAP KUAT TARIK BATU GAMPING**

Intan Lestari ^[1], Nakhlah Amiroh Risyda Chaq ^[1], Aldy Maulana Malik Ibrahim ^[1],
Iqbal Arif Frimansyah ^[1], Moch Fahni Mahindra ^[1], Yudho Dwi Galih Cahyono ^[1]

^[1] Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Jl. Arief Rachman Hakim 100, Surabaya
e-mail: braantassjayaa@gmail.com

DOI:

Info Artikel

Diserahkan:
14 Juli 2022
Direvisi:
25 Juli 2022
Diterima:
02 Agustus 2022
Diterbitkan:
08 Agustus 2022

Abstrak

Kekuatan batuan ialah salah satu bagian penting yang patut diperhitungkan dalam sektor perindustrian tambang. Kekuatan yang tercantum mempengaruhi banyak bagian didalam aktivitas perindustrian tambang seperti analisis kestabilan lereng, pembuatan pilar penyangga untuk lubang bukaan, dan memperkirakan kinerja produksi alat dalam melakukan penggalian. Kegiatan studi ini mempunyai tujuan untuk mengetahui perhitungan efek skala terhadap kuat tarik tidak langsung pada batuan gamping di daerah Gresik. Kuat tarik merupakan tegangan maksimum yang bisa ditahan oleh sebuah material ketika material diregangkan atau ditarik, sebelum material tersebut terbelah. Riset batuan ini dilaksanakan di Laboratorium Geomekanika Batuan dan Desain Rekayasa Yogyakarta dan untuk pengambilan sampel batumannya berada di Desa Yosowilangun, Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik. Dalam uji kuat tarik ini memakai 3 sampel batuan yang berdiameter | 5cm, | 6cm, | 7cm. Setelah. Dilakukan uji kuat tarik pada batu gamping dan diperoleh nilai dari hasil 3 sampel tersebut. Pada sampel 5cm didapatkan nilai rata-rata dari kuat tarik tidak langsung sebesar 5,12 MPa. Pada sampel 6cm di dapatkan nilai rata-rata dari kuat tarik tidak langsung sebesar 4,30 MPa. Pada kode sampel C didapatkan nilai rata-rata dari kuat tarik tidak langsung sebesar 3,28 MPa. Berlandaskan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar skala maka akan semakin kecil kuat tariknya.

Kata kunci: efek skala, kuat tarik, batu gamping

Abstract

Rock strength is one of the important parts that should be taken into account in the mining industry sector. The listed forces affect many aspects of industrial mining activities such as slope stability analysis, manufacture of supporting pillars for openings, and estimating the production performance of tools in excavation. This study activity has the aim of knowing the calculation of the effect of scale on the indirect tensile strength of limestone in the Gresik area. Tensile strength is the maximum stress that a material can withstand when the material is stretched or pulled, before the material splits. This rock research was carried out at the Laboratory of Rock Geomechanics and Engineering Design Yogyakarta and for rock sampling it was located in Yosowilangun Village, Manyar District, Gresik Regency. In this tensile strength test, 3 rock samples with diameter | 5cm, | 6cm, | 7cm. After. Tensile strength test was carried out on limestone and the value of the 3 samples was obtained. In the 5cm sample, the average value of the indirect tensile strength was 5.12



MPa. In the 6cm sample, the average value of the indirect tensile strength was 4.30 MPa. In sample code C, the average value of indirect tensile strength is 3.28 MPa. Based on these results, it can be concluded that the larger the scale, the smaller the tensile strength.

Keywords: scale effect, tensile strength, limestone

1. Pendahuluan

Material tanah dan batuan mempunyai ketahanan yang lebih kecil akan tarikan jika dipadankan dengan geseran dan tekanan. Barometer yang relevan mengenai kestabilan lereng ada dua, yaitu parameter eksternal dan parameter internal. Parameter internal adalah parameter pembawa yang menggambarkan kondisi stabilitas yang menguntungkan atau tidak menguntungkan dalam suatu lereng. Parameter internal terdiri dari geometri lereng, material lereng, diskontinuitas struktural, penggunaan lahan, tutupan lahan dan air tanah. Parameter eksternal terdiri dari kegempaan, curah hujan dan kegiatan buatan manusia [1]. Kuat tarik mempunyai peranan penting mengenai kestabilan pada kegiatan-kegiatan pertambangan seperti pembuatan terowongan tambang, pengeboran, pembuatan lereng tambang, dan peledakan [2].

Studi kuat tarik ialah salah satu tes mekanik dasar yang dilaksanakan pada suatu batuan. Studi ini dilaksanakan dengan memberi tekanan pada batuan dan memperhitungkan reaksi material atas kekuatan yang diterapkan padanya. Studi kuat tarik yang diaplikasikan pada material menyebabkan material memanjang. Ketika bahan tidak dapat lagi menahan tekanan yang diberikan padanya, sehingga menyebabkan kegagalan atau deformasi.

Kekuatan batuan ialah salah satu perspektif vital yang relevan diestimasi dalam sektor industri pertambangan. Kekuatan batuan tersebut mengontrol banyak perspektif dalam aktivitas perindustrian tambang seperti riset kestabilan lereng, pembangunan pilar penyangga untuk lubang bukaan, dan memprediksi kemampuan produksi alat dalam melakukan penggalian. Kegiatan riset ini bertujuan untuk mengetahui perhitungan efek skala terhadap kuat tarik tidak langsung pada batuan gamping di daerah Gresik.

Uji kekuatan batuan adalah untuk memverifikasi ketahanan batuan terhadap pembebanan. Tes kekuatan bisa langsung atau tidak langsung di mana istilah langsung atau tidak langsung menyiratkan mode pemuatan di mana batuan sampel dikompres atau ditekan.

Uji kuat tarik ialah tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh sejenis material atau sampel batuan manakala material tersebut diregangkan atau ditarik, sebelum material tersebut terbelah. Uji tarik langsung pada sampel batuan relatif sulit dilakukan dan uji Brasil menawarkan metode tidak langsung untuk mengukur kekuatan tarik. Istilah tarik tidak langsung menyiratkan bahwa beban diterapkan di bawah kompresi atau tekanan. Nilai khas untuk Tes Brasil atau kekuatan tarik tidak langsung untuk berbagai batuan tercantum dalam studi oleh [3]. Menurut karyanya, hasil uji *Brazilian Test* batu kapur berkisar antara 5 MPa hingga 20 MPa.

Pengujian kekuatan yang dilaksanakan pada riset ini adalah uji kekuatan tarik tidak langsung atau uji *Brazilian Test*. Studi *Brazilian Test* atau kerap diketahui pula sebagai studi kuat tarik ialah salah satu studi yang paling umum diterapkan guna mengidentifikasi kapabilitas tarik dari material rapuh seperti batuan dan beton. *Brazilian Test* atau studi kuat tarik tak langsung ialah suatu skema yang diterapkan guna mengerti besaran kuat tarik tidak langsung. Kuat tarik tidak langsung dapat diperkirakan dengan menerapkan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_t = 2P/\pi dt$$

atau



$$\sigma_t = 0.636 P/\pi dt$$

Uji Brazilian Test merupakan metode pengujian tidak langsung sederhana untuk memperoleh kekuatan tarik bahan getas seperti beton, batu, dan bahan sejenis batu. Dalam pengujian ini, tipis cakram bundar dikompresi secara diametris hingga pecah. Kuat tarik tidak langsung adalah biasanya dihitung berdasarkan asumsi bahwa retakan terjadi pada titik tegangan tarik maksimum, yaitu pada titik bagian tengah. Rumus yang disarankan untuk menghitung kekuatan tarik adalah berdasarkan *Brazilian Test* [4]

[5] Mempresentasikan pentingnya kekuatan tarik dalam Brazilian Test. Mereka menggambarkan pengaruh ukuran dan bentuk butir dan komposisi mineral pada kekuatan tarik yang ditetapkan oleh uji Brazilian Test. Ilmuwan Yunani menerbitkan makalah yang menyatakan penjelasan lengkap tentang stres dan perpindahan di cakram Brasil di bawah beban radial merata. Namun, solusinya disajikan dengan asumsi bahwa bahan sampel adalah homogen, isotropik, dan elastis linier. Mereka mempelajari pengaruh tegangan geser yang terdistribusi secara merata pada titik-titik Memuat. Mereka memperhatikan bahwa patahan pertama dimulai ditepi titik awal dan kemudian di tengah sampel [6], [7]

[8] Menerbitkan ulasan dari penelitian yang dilakukan terkait dengan Brazilian Test. Dengan berkonsentrasi pada titik awal retak, mereka menyimpulkan bahwa titik awal mungkin terletak di dekat titik pembebanan dan mungkin juga terletak di tengah ketika tegangan tarik memenuhi kriteria kekuatan tarik maksimum.

Rule of thumb yang banyak diterapkan didalam lingkup perindustrian tambang menerangkan bahwa besaran kuat tarik tidak langsung hanya sebesar 10% dari kuat tekan uniaksial. Selanjutnya, *rule of thumb* patut ditinjau ketelitiannya pada batuan mengenai kuat tekan yang kecil guna memverifikasi apakah besaran *rule of thumb* dapat mengarah pada besaran studi dilaboratorium atau tidak.

Efek skala merupakan bahwa sifat fisik dan mekanik dari suatu bahan tidak konstan tetapi bervariasi dengan ukuran bahan. [9] membahas efek skala batu kapur dibawah kompresi dan hasil menunjukkan bahwa efek skala dari bahan batuan berasal dari ketidakseragaman bahan, daripada efek gesekan ujung antara spesimen dan ujung pembebanan.

Makna efek skala ialah keadaan keheterogenan pada batuan. Menurut konsep dalam rekapitulasi mekanika batuan spesimen batuan diperlakukan homogen, isotrop dan kontinu, menurut hakikatnya di lokasi spesimen batuan yang diambil dari formasi yang sama dapat mempunyai kekuatan yang berbeda diakibatkan terdapat pola kekar yang berbeda dan sifat heterogen.

Menurut konsep meningkatnya ukuran spesimen sampel yang digunakan, maka spesimen sampel tersebut akan lebih medeskripsikan massa batuan. Sebab meningkatnya ukuran spesimen sampel maka akan bertambah banyak bidang diskontinu yang akan tampak, tentu keadaan tersebut akan mengontrol ketetapan dari nilai kuat tarik, dan keadaan tersebut diketahui dengan terminologi pengaruh skala (*scale effect*). Meningkatnya ukuran spesimen sampel batuan sebab adanya pengaruh efek skala maka membuktikan bertambah besar faktor ketidakpastian pada batuan tersebut.[10]

Studi ini mengutamakan terhadap adanya keberadaan bidang diskontinu yang ada pada batuan. Keberadaan bidang diskontinu pada batuan tentu memicu kekuatan dari batuan mengalami penurunan, sebab itu, hendaklah dilaksanakan studi yang diterapkan untuk menghitung penurunan yang dialami oleh spesimen batuan dengan melaksanakan studi mengenai pengaruh skala terhadap uji kuat tarik pada batu gamping.[11]

Meskipun menurut konsep dalam kalkulasi di mekanika batuan spesimen batuan dianggap bersifat isotrop, kontinu, dan homogen. Sebenarnya spesimen batuan diambil dari formasi yang sama dapat mempunyai kekuatan yang berbeda disebabkan pola bidang kekar yang berbeda dan sifat heterogen.



Hasil studi spesimen batuan memaparkan bahwa kekuatan batuan sangat beragam dan sangat bebas seiring dengan meningkatnya ukuran spesimen.[12]

Efek skala terhadap massa batuan sebagian besar dikuasai oleh keberadaan bidang lemah pada batuan yang menurunkan kekuatan batuan dan besaran modulus deformasi massa batuan. Untuk membenahi persoalan tersebut dibutuhkan pendekatan secara empiris yaitu mengestimasi efek skala pada spesimen batuan pada beragam ukuran. [13]

Serangkaian uji tarik tidak langsung atau *Brazilian Test* dilakukan pada batuan yang berbeda ukuran menunjukkan bahwa di mana peningkatan ukuran mengarah ke arah penurunan kekuatan. Tujuan dari *Brazilian Test* adalah untuk menguji pengaruh skala pada kuat tarik batu gamping.

Kegiatan penelitian ini memanfaatkan material yang ditemukan di alam secara langsung berupa batu gamping, dimana objek penelitian berasal dari Bukit Gamping Gresik.

2. Metodologi

Dalam penyelesaian penelitian maka digunakan menggunakan metode penelitian kuantitatif, yang mana dilakukan pengujian laboratorium untuk mendapatkan nilai kuat tarik pada batu gamping. Pengambilan sampel dilakukan pada bulan April tahun 2022 yang berada pada lokasi di Jalan Ponganganrejo No. 34, Suci, Manyar, Suci, Kec. Gresik, Kabupaten Gresik, Jawa. Perihal sampel batuan yang digunakan masing-masing berjumlah 3 pada setiap skala batuan.



Gambar 1: Lokasi Pengambilan Sampel

Kegiatan laboratorium yang diawali dengan coring. Coring ialah cara yang diterapkan untuk mengambil inti batuan (core). Coring atau pengambilan sampel yaitu suatu sistem operasi pemotongan memakai mata bor (twistdrill) guna mendapatkan lubang yang bulat pada material logam dan non logam yang masih pejal atau material yang sudah berlubang. Sistem operasi ini bisa dilaksanakan dengan empat versi yaitu sebagai berikut:

1. Bottom hole coring

Merupakan pengambilan core yang dilaksanakan ketika aktivitas pemboran berlangsung. Pada proses ini memakai tipe pahat yang terbuka dibagian tengahnya dan memiliki tipe pemotong pahat berbentuk doughnut shape hole.

2. sidewall coring

Pengambilan core yang dilaksanakan setelah aktivitas pemboran berlangsung selesai atau ketika aktivitas pemboran berhenti. Proses ini mempunyai aturan kerja yang berbeda dan mendapatkan hasil penjabaran yang berbeda walaupun dilaksanakan dikedalaman yang sama.

3. conventional coring

Proses ini mempergunakan bit tipe tertentu yang disebut conventional rotary core drill. Ketika bit bergerak kebawah menerobos formasi maka core akan masuk kedalam inner core barrel dan core tidak akan bisa keluar lagi karena core barrel memiliki roll dan ball bearing. Aktivitas tersebut dilaksanakan untuk memperoleh core yang baik maka diusahakan beban bit dan kecepatan putar bit kecil.

4. diamond coring

Perbedaanya dengan conventional coring ialah terdapat dipahatnya saja yaitu tipe ini memakai tipe diamond bit, diamond bit ini sangat cocok untuk batuan sedimen yang keras, dan memberikan penetrasi rat yang lebih besar serta tidak perlu menambah rotary speed untuk memotong batuan



Gambar 2: Alat Kuat Tarik

Pada aktivitas studi ini dilakukan uji terhadap batuan gamping menggunakan metode kuat tarik tidak langsung (*Brazilian Test*). *Brazilian Test* ialah suatu cara yang diterapkan untuk mengetahui besaran kuat tarik tidak langsung. Menurut Bieniawski (1967) dan Hawkes & Mellor (1971), kuat tarik tidak langsung bisa diestimasi menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma_t = 2P/\pi dt$$

atau

$$\sigma_t = 0.636 P/\pi dt$$

keterangan :

σ_t = Kuat tarik batuan (MPa)

P = Beban Tertinggi (KN)

D = Diameter (mm)

t = Ketebalan (mm)

Studi kuat tarik *Brazilian Test* dilaksanakan dengan memakai sampel yang diletakkan pada spesimen dengan posisi berdiri lalu diberikan tekanan untuk memperoleh besaran kuat tarik. Ketika sampel diberikan tekanan maka besaran tertinggi yang akan digunakan sebagai besaran kuat tarik adalah ketika sampel mengalami perubahan yaitu meregang.

3. Hasil dan pembahasan

Berdasarkan studi yang dilaksanakan sehingga diperoleh hasil dari setiap sampel yang digunakan, hal ini yang akan menjadi tolak ukur untuk studi riset kuat tarik tidak langsung. Didalam studi *Brazilian Test (BTS)* sampel batuan yang memiliki rupa silinder diletakkan pada spesimen dengan posisi berdiri kemudian dikenakan tekanan yang terpusat pada kedua kutubnya untuk mendapatkan nilai kuat tarik. Nilai kuat tarik akan didapatkan apabila sampel dikenakan tekanan dengan nilai tertinggi yang mengakibatkan terjadinya peregangan sampel. Rasio perbandingan yang digunakan terhadap sampel $d/t = 0.75$ menurut standar ISRM dan ASTM, sehingga didapatkan nilai kuat tarik sebagai berikut:

Tabel 1: Sampel Gamping A

Kode Sample	Skala	Ketebalan	Beban (Kg)	Kuat Tarik (MPa)
SA_1	5,07	8,24	3296,2 2	5,025
SA_2	5,13	8,13	3344,3	5,107



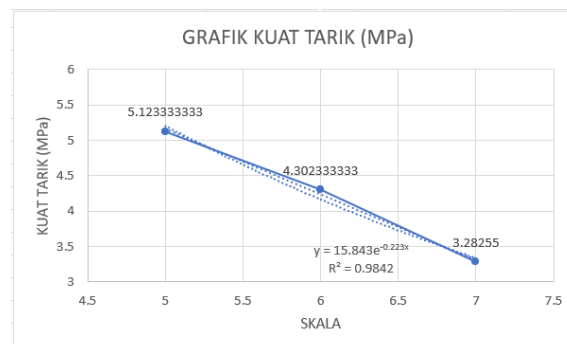
			4	
SA_3	5,06	8,21	3416,5 2	5,238
Rata-Rata	5			5,12

Tabel 2: Sampel Gamping B

Kode Sample	Skala	Ketebalan	Beban (Kg)	Kuat Tarik (MPa)
SB_1	6,09	8,19	3296,2 2	4,209
SB_2	6,11	8,05	3344,3 4	4,33
SB_3	6,12	8,14	3416,5 2	4,368
Rata-Rata	6			4,30

Tabel 3: Sampel Gamping C

Kode Sample	Skala	Ketebalan	Beban (Kg)	Kuat Tarik (MPa)
SA_1	7,14	9,02	3296,2 2	3,25
SA_2	7,08	9,23	3344,3 4	3,25
SA_3	7,13	9,17	3416,5 2	3,32
Rata-Rata	7			3,28



Gambar 3: Grafik Efek Skala Terhadap Kuat Tarik Batu Gamping

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil kuat tarik tidak langsung yang terdapat pada kode sampel A didapatkan nilai rata-rata dari kuat tarik tidak langsung sebesar 5,12 MPa, sampel B di didapatkan nilai rata-rata dari kuat tarik tidak langsung sebesar 4,30 MPa, dan sampel C didapatkan nilai rata-rata



dari kuat tarik tidak langsung sebesar 3,28 MPa. Besarnya nilai kuat tarik tidak langsung pada batuan dipengaruhi oleh adanya beban batuan, diameter batuan, serta ketebalan dari batuan.

Pada sampel batuan A didapatkan hasil nilai kuat tarik tidak langsung yang tinggi. Hasil yang tinggi diperoleh karena pada sampel batuan A memiliki perbandingan nilai skala diameter yang lebih kecil jika dibandingkan dengan sampel batuan B dan sampel batuan C. Pada sampel batuan B didapatkan hasil nilai kuat tarik tidak langsung yang sedang. Hasil yang sedang diperoleh karena pada sampel batuan B memiliki nilai perbandingan skala yang lebih besar dari sampel batuan A, namun memiliki nilai perbandingan skala yang lebih kecil jika dibandingkan dengan sampel batuan C. Pada sampel batuan C didapatkan hasil nilai kuat tarik tidak langsung yang kecil. Hasil kecil yang diperoleh pada sampel batuan C memiliki nilai perbandingan skala yang lebih besar jika dibandingkan dengan sampel batuan A dan sampel batuan B.

Serangkaian uji kuat tarik tidak langsung atau *Brazillian Test* yang dilakukan pada batuan yang berbeda ukuran menunjukkan bahwa diimana peningkatan ukuran mengarah ke arah penurunan kekuatan. Adanya bidang diskontinu pada batuan akan menyebabkan kekuatan dari batuan mengalami penurunan. Keberadaan bidang diskontinu yang mempengaruhi peningkatan factor ketidakpastian (uncertainly) pada batuan.

4. Kesimpulan

Dari hasil studi ini dilakukan riset terhadap batuan gamping menggunakan metode kuat tarik tidak langsung (*Brazilian Test*). *Brazilian Test* ialah suatu prinsip yang diterapkan untuk mengetahui nilai kuat tarik tidak langsung. Data yang diperoleh dari hasil kuat tarik tidak langsung yang terdapat pada kode sampel A didapatkan nilai rata-rata dari kuat tarik tidak langsung sebesar 5,12 MPa. Pada sampel batuan A didapatkan hasil nilai kuat tarik tidak langsung yang tinggi. Pada kode sampel B di didapatkan nilai rata-rata dari kuat tarik tidak langsung sebesar 4,30 MPa. Pada sampel batuan B didapatkan hasil nilai kuat tarik tidak langsung yang sedang. Pada kode sampel C didapatkan nilai tertinggi dari kuat tarik tidak langsung sebesar 3,28 MPa. Pada sampel batuan C didapatkan hasil nilai kuat tarik tidak langsung yang kecil. Dan memiliki skala yang lebih besar jika dibandingkan dengan sampel batuan A dan B. Jadi dari hasil penelitian dapat diambil garis besar bahwa semakin besar skala maka akan semakin kecil nilai kuat tariknya. Hal ini disebabkan oleh adanya bidang diskontinu yang mempengaruhi peningkatan factor ketidakpastian (uncertainly) pada sampel.

5. Referensi:

- [1] S. Raghuvanshi and K. Pathak, "Recent Advances in Delivery Systems and Therapeutics of Cinnarizine: A Poorly Water Soluble Drug with Absorption Window in Stomach," *J. Drug Deliv.*, vol. 2014, pp. 1–15, 2014, doi: 10.1155/2014/479246.
- [2] S. Hencher, "Introduction to rock mechanics," *Pract. Rock Mech.*, pp. 24–43, 2020, doi: 10.1201/b18923-6.
- [3] B. A. Leijon and B. L. Stillborg, "A comparative study between two rock stress measurement techniques at Luossavaara Mine," *Rock Mech. Rock Eng.*, vol. 19, no. 3, pp. 143–163, 1986, doi: 10.1007/BF01024953.
- [4] S. T. Method, "ASTM Standard - D3967-08: Standard test method for splitting tensile strength of intact rock core specimens.," *Test*, no. November, pp. 8–11, 2008, doi: 10.1520/D3967-16.
- [5] A. Tavallali and A. Vervoort, "Effect of layer orientation on the failure of layered sandstone under Brazilian test conditions," *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, vol. 47, no. 2, pp. 313–322, 2010, doi: 10.1016/j.ijrmms.2010.01.001.
- [6] C. F. Markides, D. N. Pazis, and S. K. Kourkoulis, "Closed full-field solutions for stresses and displacements in the Brazilian disk under distributed radial load," *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*,



- vol. 47, no. 2, pp. 227–237, 2010, doi: 10.1016/j.ijrmms.2009.11.006.
- [7] C. F. Markides, D. N. Pazis, and S. K. Kourkoulis, “Influence of friction on the stress field of the brazilian tensile test,” *Rock Mech. Rock Eng.*, vol. 44, no. 1, pp. 113–119, 2011, doi: 10.1007/s00603-010-0115-4.
 - [8] D. Li and L. N. Y. Wong, “Point load test on meta-sedimentary rocks and correlation to UCS and BTS,” *Rock Mech. Rock Eng.*, vol. 46, no. 4, pp. 889–896, 2013, doi: 10.1007/s00603-012-0299-x.
 - [9] Y. X. Zhou *et al.*, “Suggested methods for determining the dynamic strength parameters and mode-I fracture toughness of rock materials,” *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, vol. 49, no. January, pp. 105–112, 2012, doi: 10.1016/j.ijrmms.2011.10.004.
 - [10] Y. Dwi, G. Cahyono, L. Utamakno, S. Ayunida, I. Teknologi, and A. Tama, “Analisis Pengaruh Skala Terhadap Terhadap Uji Kuat Tekan Uniaksial Pada Batu Andesit Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral Dan Kelautan,” pp. 77–82, 1993.
 - [11] Y. Dwi, G. Cahyono, L. Utamakno, and H. Bahar, “PENGARUH EFEK SKALA PADA UJI UCS DALAM MENENTUKAN KESTABILAN PILAR,” *Semin. Nas. Sains Dan Teknol. Terap. VI*, vol. 2, pp. 249–254, 2018, doi: <http://ejurnal.itats.ac.id/semitan/article/view/1058>.
 - [12] A. D. Astuti *et al.*, “Pengaruh efek skala terhadap uji triaksial pada batu andesit,” pp. 587–592, 2020.
 - [13] 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 Deigan, Kecamatan Panceng, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur,” *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap. IX*, no. Sample C, pp. 147–152, 2021.