Analisis Pengaruh Skala Terhadap Terhadap Uji Kuat Tekan Uniaksial Pada Batu Andesit

Yudho Dwi Galih Cahyono [1], Lakon Utamakno[2] Sylvesiana Ayunida Sasti[3], Gabriela Vionny Yama[4], Muhammad Fathurrosyidi[5], Sigit Allobunga [6]

Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral Dan Kelautan
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1, 2, 3, 4, 5, 6]
e-mail : galih.1453@itats.ac.id

ABSTRACT

Generally, rock conditions are homogeneous, continuous and isotropic. However, conditions in the rock have heterogeneous, discontinuous and anisotropic properties. This condition is influenced by differences in the rock scale between laboratory and nature. One test to determine the difference in these properties is by conducting a uniaxial compressive strength test. While the rock used is Andesite which is a type of igneous rock. The purpose of this study is to analyze the effect of scale on uniaxial compressive strength. The research was carried out in the laboratory. The results of the scale effect on uniaxial compressive strength show that the larger the sample size, the lower the compressive strength value obtained. In sample sizes 40 mm, 50 mm and 60 mm have rock strengths of 46.592 MPa, 44.47 MPa and 37.83 MPa, respectively. while the level of influence is quite significant for andesite rock types as compared to dolomite rocks which are classified as sedimentary rocks

Keyword: scale effect, *uniaxial compressive strength, andesite stone.*

ABSTRAK

Kondisi batuan secara umum memiliki sifat homogen, kontinu dan isotrop. Namun kondisi dilapangan batuan memiliki sifat heterogen, diskontinu dan anisotrop. Kondisi ini dipengaruhi oleh perbedaan skala batuan antara di laboratorium dan di alam. Salah satu pengujian untuk mengetahui perbedaan sifat tersebut dengan melakukan uji kuat tekan uniaksial. Sedangkan batuan yang digunakan adalah batuan Andesit yang merupakan jenis batuan beku. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis pengaruh skala terhadap kuat tekan uniaksial. Penelitian dilakukan di Laboratorium. Hasil pengaruh skala terhadap kuat tekan uniaksial menunjukkan bahwa semakin besar ukuran contoh maka semakin rendah nilai kuat tekan yang diperoleh. Pada ukuran contoh 40 mm, 50 mm, dan 60 mm memiliki kekuatan batuan berturut-turut 46,592 MPa, 44.47 MPa, dan 37,83 MPa. sedangkan tingkat pengaruhnya cukup signifikan untuk jenis batuan andesit juka dibandingkan dengan batuan dolomit yang tergolong batuan sedimen

Kata kunci : Pengaruh Skala, Kuat tekan uniaksial, Batu andesit

PENDAHULUAN

Analisis yang dilakukan untuk mengetahui kekuatan suatu batuan sukar dilakukan dikarenakan faktor sifat batuan tersebut. pada umumnya batuan bersifat homogen, kontinu dan isotrop. Namun pada faktanya kondisi tersebut berbeda dengan yang berada di alam. Kondisi batuan lebih cenderung bersifat heterogen, diskontinu dan anisotrop. Perbedaan tersebut cenderung membuat kekuatan batuan menjadi berbedaperbedaan kekuatan yang terjadi pada batuan banyak dipengaruhi dari ukuran atau skalanya pada saat proses pengujian. Pengaruh ukuran menjadi analisis penting dalam ilmu mekanika batuan. Hal ini berkaitan dengan analisis infrastruktur pada lereng ataupun lubang bukaan.

Pengujian mengenai pengaruh skala pada batuan ini mulai masif sejak diselenggarakan simposium internasional dengan tema *Scale Effects in Rock Masses* pada tahun 1990 dan 1993. Para peneliti banyak melakukan analisis mengenai efek skala ini pada berbagai jenis batuan dan aplikasinya. Diantaranya Kramadibrata & Jones yang melakukan penelitian pengaruh skala pada

batuan *Basalt Mafic*, *Porphyry*, dan *Ore* hasilnya menunjukkan bahwa kekuatan batuan akan menurun seiring dengan meningkatnya ukuran contoh [1]. Namun pengaruh skala pada batuan ini bersifat asimtotik, dimana pada ukuran tertentu nilai kekuatan batuan akan mengalami kondisi yang konstan.

Analisis ini menitikberatkan pada adanya kehadiran bidang diskontinu yang ada pada batuan *intact*. Kehadiran bidang diskontinu ini menyebabkan kekuatan dari batuan *intact* mengalami penurunan. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis untuk mengukur penurunan yang dialami oleh contoh batuan dengan melakukan analisis pengaruh skala pada pengujian kuat tekan uniaksial untuk batuan andesit.

TINJAUAN PUSTAKA

Kuat Tekan Uniaksial

Pengujian kuat tekan unuaksial merupakan pengujian untuk mengukur kekuatan batuan utuh dengan memberikan beban dari satu arah atau pembebanan secara aksial. Pada pengujian ini nilai σ_3 atau tekanan pengungkungan dianggap nol. Sehingga nilai kuat tekannya berasal dari σ_1 atau tekanan aksial. Contoh batuan uji merupakan contoh yang memiliki bentuk yang beraturan, baik dalam bentuk balok, silinder maupun prisma. Padan penelitian ini batuan contoh yang digunakan adalah bentuk balok. Hasil pengujian yang didapat pada pengujian ini antara lain: Nilai Kuat Tekan Uniaksial (σ_c), *Modulus Young* (E), *Poisson Ratio* (υ), *Fracture Energy* (Wf) dan *Specific Fracture Energy* (W_{sf}).

Nilai kuat tekan uniaksial (σ_c) didapat dari nilai tegangan maksimum yang mampu ditanggung oleh contoh batuan sesaat seblum contoh tersebut mengalami keruntuhan (*failure*) pada luasan tertentu tanpa adanya pengaruh tegangan pemampatan ($\sigma_3 = 0$). Persamaan dalam menentuan kuat tekan uniaksial adalah sebagai berikut :

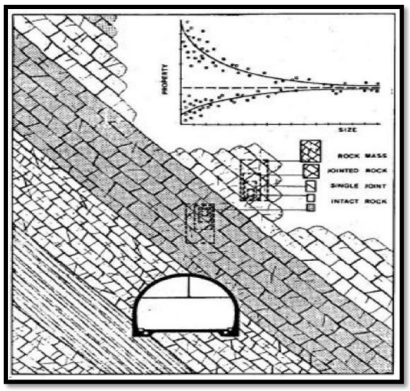
$$\sigma c = \frac{F}{A} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1.1)$$

Dimana σc adalah kuat tekan uniaksial dengan satuan MPa, F adalah gaya maksimum yang bekerja pada saat contoh batuan hancur (kN) dan A adalah luas penampang awal contoh batuan yang tegak lurus arah gaya (mm^2)

Berdasarkan standar uji untuk batuan yang diberikan oleh *International Society Rock Mechanic* (ISRM, 1981)[2], perbandingan antara lebar dan tinggi contoh (L/D) adalah 2 – 2,5. Hal ini dikarenakan contoh batuan yang memiliki (L/D) kurang dari 2 maka akan menyebabkan nilai kuat tekan yang besar dan lebih kuat. Begitu sebaliknya, jika (L/D) lebih dari 2,5 maka nilai kuat tekan akan rendah dari kondisi yang seharusnya.

Pengaruh Efek Skala Pada Batuan Utuh

Pengujian yang dilakukan di laboratorium untuk contoh batuan diharapkan mampu mewakili kondisi asli di lapangan. Semakin besar contoh batuan yang di uji diharapkan merepresentasikan kondisi sesungguhnya dilapangan. Pengujian dengan menggunakan beberapa ukuran contoh ini disebut sebagai efek skala. Sebuah ilustrasi simbolik (gambar 1) yang menunjukkan adanya tingkat heterogenitas pada batuan seiring dengan meningkatnya skala pada batuan [3].



Gambar 1. Ilustrasi simbolik pengaruh skala

Dalam literatur – literatur mekanika batuan terdapat perbedaan pandangan dalam menilai pengaruh skala pada kekuatan batuan., ukuran contoh batuan pada batuan getas tidak menunjukkan adanya perbedaan kekuatan batuan [4]. Namun peneliti yang lain menunjukkan bahwa ada pegaruh penurunan kekuatan batuan seiring dengan meningkatnya ukuran contoh batuan, dan itu berlaku untuk batuan secara umum [5]. Penelitian lain terkait efek skala yang dilakukan pada batuan dolomit menunjukkan adanya pengaruh skala yang menyebabkan menurunnya kekuatan batuan siring dengan meningkatnya ukuran contoh, walaupun perbedaan penurunan yang dialami pada jenis batuan sedimen ini tidak terlalu besar [6].

METODE

Metode yang dilakuan pada penelitian ini termasuk metode penelitian eksperimen. Penelitian eksperimen merupakan suatu penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh suatu variabel tertentu terhadap suatu variabel lainnya dalam kondisi yang terkontrol secara ketat. Adapun variabel yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain variabel terikat adalah uji kuat tekan uniaksial sedangkan untuk variabel tidak terikat adalah tinggi/diameter dan luas permukaan contoh yang ditekan. Penelitian dilakukan di laboratoriun. Tahapan kerja dalam penelitian eksperimen pada dasarnya sama dengan jenis penelitian lainnya, yaitu :

1. Memilih dan merumuskan masalah termasuk akan menguji-cobakan perlakukan apa, dampak dampak apa yang ingin dilihat.
2. Memilih subyek yang akan mengalami suatu perlakukan dan subyek yang tidak mengalami suatu perlakuan.
3. Melaksanakan prosedur penelitian dan pengumpulan data
4. Menganalisis data
5. Perumusan kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Pengaruh Ukuran Contoh Terhadap Kekuatan Batuan

Padsa penelitian ini batuan uji yang digunakan adalah batuan Andesit yang di dapat dari formasi Batuan Gunung api Penanggungan dengan umur geologinya adalah Quarter Plistosen Akhir [7]. Batuan yang di ambil merupakan batuan bongkah *Fresh* kemudian dilakukan preparasi bentuk balok dengan ukuran 40 mm x 80 mm, 50 mm x 100 mm dan 60 mm x 120 mm. preparasi dilakukan sesuai standar pengujian contoh batuan dengan (L/D) = 2. Tabel 1 adalah hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium.

Tabel 1. Hasil Rata-rata Pengujian Kuat Tekan Uniaksial

No	Ukuran Contoh	Kuat Tekan Uniaksial (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)	Nisbah Poisson
1	Ukuran 40 mm x 60 mm	46,592	36473.894	0,094
2	Ukuran 50 mm x 100 mm	44.474	32666.184	0.098
3	Ukuran 60 mm x 120 mm	37,83	45084.445	0,098

Kondisi batuan yang dilakukan pengujian menunjukkan adanya pengaruh skala yang bekerja pada masing – masing ukuran contoh. Hal ini ditunjukkan dengan adanya penurunan kekuatan batuan seiring dengan meningkatnya ukuran contoh. Kondisi menurunnya kekuatan batuan andesit pada penelitian ini lebih banyak disebabkan oleh keberadaan bidang diskontinu atau kekar. Kehadiran bidang kekar ini akan semakin banyak jika volume batuan semakin besar. Kondisi inilah yang menyebabkan ketidakmasifan batuan sehingga menyebabkan kekuatan matuan menurun. Selain itu sifat batuan *intact* yang seharusnya homogen, menjadi bersifat heterogen karena kehadiran bidang kekar tersebut.

Analisis Tingkat Pengaruh Skala Terhadap Jenis Batuan Beku dan Batuan Sedimen

Tingkat pengaruh skala pada jenis batuan tertentu perlu dilakukan pengukuran. Hal ini berkaitan dengan besarnya pengaruh skala pada kekuatan batuan. Dalam ilmu geologi, batuan secara umum dibedakan menjadi 3 jenis batuan. Batuan tersebut antara lain adalah batuan beku, batuan sedimen dan batuan metamorf. Masing – masing batuan memiliki kekuatan yang berbeda – beda, namun pada umumnya batuan beku memiliki kekuatan yang lebih besar dibandingkan dengan batuan sedimen dan metamorf.

Dalam efek skala, pengaruh ukuran contoh antara batuan baku dan batuan sedimen memiliki beberapa perbedaan dalam tingkat pengaruhnya. Pada batuan beku, perbedaan skala pada saat pengujian menunjukkan hasil yang signifikan pada parameter kekuatannya. Sedangkan pada batuan sedimen, pengaruh skala ini tidak terlalu menunjukkan hasil yang signifikan, walaupun tetap ada perbedaan kekuatan pada masing – masing ukurannya.

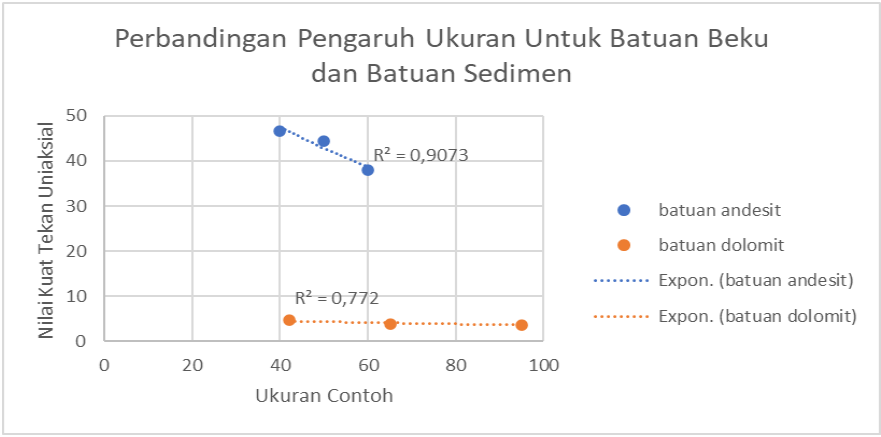
Tabel 2 menyajikan perbandingan antara batuan andesit (batuan beku) dan batuan dolomit (batuan sedimen). Dalam tabel tersebut menunjukkan adanya perbedaan tingkat pengaruh pada kedua jenis batuan tersebut.

Tabel 2. Perbandingan Tingkat Pengaruh Skala terhadap Jenis Batuan Beku dan Batuan Sedimen

No	Batuan Andesit		Batuan Dolomit	
	Ukuran contoh	Nilai Kuat Tekan	Ukuran Contoh	Nilai Kuat Tekan
1	40 mm	46,6 MPa	42 mm	4,7 MPa
2	50 mm	44,5 MPa	65 mm	3,8 MPa
3	60 mm	37,9 MPa	95 mm	3,7 MPa

Note : Nilai batu dolomit diambil dalam paper Cahyono, et.al (2018)

ISSN (print): 2686-0023
ISSN (online): 2685-6875



Gambar 2. Grafik Tingkat Pengaruh Skala terhadap Jenis Batuan Beku dan Batuan Sedimen

Kondisi tersebut diperkuat pada gambar 2 bahwa nilai korelasi pada batuan andesit lebih kuat yaitu dengan nilai korelasi atau $R^2 = 0,9073$ yang menunjukkan bahwa setiap ukuran contoh batuan memiliki penurunan kekuatan yang signifikan. Sedangkan pada batuan dolomit nilai korelasinya sebesar 0,772 lebih kecil dibandingkan dengan nilai korelasi dari batuan dolomit. Walaupun tetap ada penurunan kekuatan batuan pada setiap contohnya.

Perbedaan ini memiliki banyak penyebab. Beberapa diantanya adalah kehadiran bidang lemah pada batuan juga mempengaruhi penurunan kekuatan pada batuan andesit dan batuan dolomit. Batuan andesit memiliki sifat yang getas dan massif. Sifat ini mempengaruhi besarnya kekuatan batuan saat dilakukan uji kuat tekan uniaksial. Sedangkan batuan dolomit memiliki sifat *ductile* dan cenderung memiliki banyak bidang lemah, hal ini menyebabkan kekuatan batuan dolomit cenderung kecil pada saat pengujian kuat tekan uniaksial.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian ini adalah terdapat pengaruh yang signifikan pada pengujian pengaruh skala untuk batuan andesit. Nilai korelasi antar contoh batuan sebesar 0,9073. Dimana nili ini membuktikan terdapat perbedaan kekuatan batuan untuk ukuran contoh yang berbeda. Semakin besar contoh batuan yang diuji maka nilai kekuatannya semakin menurun. Sedangkan untuk pembandingnya, nilai korelasinya lebih rendah yaitu sebesar 0,772. Namun demikian tetap ada perbedaan kekuatan seiring dengan besarnya contoh batuan meskipun tidak terlalu signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] S. Kramadibrata, … I. J. on scale effects in rock, and undefined 1993, "Size effect on strength and deformability of brittle intact rock," *pascal-francis.inist.fr*, Accessed: Aug. 07, 2020. [Online]. Available: https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=6501689.

[2] "Rock characterization, testing & monitoring : ISRM suggested methods - Ghent University Library." https://lib.ugent.be/en/catalog/rug01:000309036 (accessed Jul. 15, 2020).

[3] CUNHA and A. P., "Scale effects in rock mechanics," *Proceeding Scale Eff. Rock Masses, 1990*, 1990, Accessed: Jul. 15, 2020. [Online]. Available: https://ci.nii.ac.jp/naid/10019321976.

[4] K. HODGSON and N. G. Cook, "THE EFFECTS OF SIZE AND STRESS GRADIENT ON THE STRENGTH OF ROCK," *Int. Soc. Rock Mech. Proc.*, vol. 1, no. 1–19, 1970.

[5] HOEK and E., "Empirical strength criterion for rock masses," *J. Geotech. Eng. Div. Proc. Am. Soc. Civ. Eng.*, vol. 106, no. 9, pp. 1013–1035, 1980, Accessed: Jul. 15, 2020. [Online]. Available: https://ci.nii.ac.jp/naid/80000704099.

[6] Y. Dwi *et al.*, "PENGARUH EFEK SKALA PADA UJI UCS DALAM MENENTUKAN KESTABILAN PILAR," Sep. 2018. Accessed: Jul. 15, 2020. [Online]. Available: https://ejurnal.itats.ac.id/sntekpan/article/view/408.

[7] Sonsora. S dan Suwarti. T ; PETA GELOLOGI LEMBAR MALANG, Jawa; Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, 1992