PROSIDING, Seminar Teknologi Kebumian dan Kelautan (SEMITAN II)
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS), Indonesia, 12 Juli 2020
ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

PENGARUH PELAPUKAN TERHADAP KEKUATAN BATUAN ANDESIT

Melkianus.A. Tamanak [1], Theo Berhitu [1], Dandi Gusti Ode [1], Yudho Dwi Galih Cahyono [1]

[1] Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Alamat: Jl. Arief Rachman Hakim 100, Surabaya

e-mail: Mellkytamanak10@gmail.com

ABSTRAK

Batuan adalah kompleks atau kumpulan dari mineral sejenis atau tidak sejenis yang terikat secara gembur ataupun padat. Ada beberapa jenis batuan salah satu batuan yaitu batuan andesit dimana batuan ini merupakan salah satu jenis batuan beku. Batuan andesit merupakan batuan intermediet yang terjadi hasil pendinginan magma pada permukaan bumi ataupun aktivitas gunung api akibat perbedaan suhu pada saat pendinginan. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan batuan diantaranya adalah faktor pelapukan batuan. Pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan kekuatan batuan andesit *fresh* atau yang belum dipengaruhi oleh pelapukan dan batuan andesit lapuk atau yang sudah di pengaruhi oleh pelapukan. Penelitian ini dilakukan dengan metode pengamatan di lapangan secara langsung dan di laboratorium untuk pengujian kuat tekan dengan menggunakan UCS (*Uniaxial Compressive Strength*). Beberapa sampel batuan andesit yang di ambil dari bekas tambang batu pasir di Desa Manduro, Kecamatan Ngoro, Kabupaten Mojokerto, Provinsi Jawa Timur. Berdasarkan pengujian UCS di peroleh hasil kuat tekan batuan pada sampel batuan andesit lapuk 01 sebesar 42,35 MPa, sampel 02 sebesar 41,07 MPa, sampel 03 sebesar 39,12. Sedangkan hasil kuat tekan batuan pada sampel batuan andesit *fresh* 01 sebesar 115,15 MPa, sampel 02 sebesar 72,73 MPa, sampel 03 sebesar 78,24 MPa. Dari hasil tersebut dapat di simpulkan bahwa perbedaan nilai kuat tekan pada batuan andesit dapat dipengaruhi oleh pengaruh pelapukan.

Kata Kunci: Pelapukan, kuat tekan batuan, andesit

ABSTRACT

Rock is a complex / collection of similar or unrelated minerals that are loose or solidly bonded. There are several types of rocks, one of which is rock andesite where this rock is one type of igneous rock. Andesite rocks are intermediate rocks that result from cooling of magma on the earth's surface or volcanic activity due to temperature differences during cooling. There are several factors that can affect rock strength including rock weathering factors. In this study aims to analyze the comparison of the strength of fresh andesite rocks or those that have not been affected by weathering and weathered andesite rocks or that have been affected by weathering. This research was conducted by direct observation in the field and in the laboratory for compressive strength testing using UCS (Uniaxial Compressive Strength). Some andesite rock samples taken from the former sandstone quarry in Manduro Village, Ngoro District, Mojokerto Regency, East Java Province. Based on the UCS test, the compressive strength of rock in weathered andesite 01 rock samples was 42.35 MPa, sample 02 was 41.07 MPa, sample 03 was 39.12. While the results of compressive strength of rocks in fresh andesite 01 rock samples were 115.15 MPa, sample 02 was 72.73 MPa, sample 03 was 78.24 MPa. From these results it can be concluded that the difference in compressive strength values in andesite rocks can be influenced by weathering effects.

Keywords: Weathering, rock compressive strength, andesite

PENDAHULUAN

Proses pelapukan merupakan hal yang umum di jumpai pada batuan. Apalagi di daerah yang beriklim tropis, adanya pelapukan akan terlihat lebih intensif bahkan dapat terjadi secara simultan (Zhao et al., 1994). Hal ini akan tercermin pada tebalnya tanah residu (*residual soil*) yang menjadi hasil akhir dari suatu proses pelapukan. Kondisi iklim tropis ikut berperan dalam mempengaruhi sifat keteknikan batuan, terutama kekuatan batuan. Perubahan-perubahan yang terjadi pada proses pelapukan kebanyakan berlangsung secara gradual dan biasanya diikuti oleh pola-pola perubahan yang teratur. Namun demikian profil pelapukan yang terbentuk umumnya berkembang tidak seragam sebagai akibat dari adanya pengaruh yang kompleks, baik secara internal dalam batuan itu sendiri atau pengaruh lain yang bersifat eksternal seperti kondisi iklim,

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

topografi atau morfologi, air tanah dan aktifitas organisme (Sadisun dan Bandono, 1998). Secara geologi proses pelapukan bekerja relatif lambat (*Long-term process*) akan tetapi keberadaannya menjadi penting dari sudut pandang keteknikan. Adanya pelapukan pada batuan sering mengakibatkan rencana desain rekayasa menjadi khas (Sadisun dan Matsui, 1999; Karpuz dan Pasamehmetoglu, 1997; Gafoori et al., 1994; Krank dan Watter, 1983; Dearman et al., 1978).

Kuat tekan adalah kemampuan batuan untuk menerima beban hingga pecah bila diberi beban dan tekanan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan suatu batuan ialah jenis batuan, tekstur permukaan batuan, komposisi mineral, dan tingkat pelapukan batuan serta peningkatan porositas dan kehadiran struktur aliran (Rai, dkk, 2014).

Batuan andesit merupakan batuan intermediet yang terjadi hasil pendinginan magma pada permukaan bumi ataupun aktivitas gunung api akibat perbedaan suhu pada saat pendinginan. Batuan andesit secara umum terdiri dari batuan padat, pori dan antara (Khosama, 2012). Berdasarkan data yang dimiliki badan geologi Indonesia (2011), Indonesia memiliki sumber daya batuan andesit sebesar 77.244,10 juta Ton. Jumlah cadangan batuan andesit yang begitu banyak tentunya berpotensi meningkatkan perekonomian suatu daerah. Batuan andesit mempunyai kandungan biji besi yang sangat tinggi, bahan ini juga banyak di jumpai di kawasan merapi dan sangat bagus untuk dijadikan bahan kontruksi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pelapukan terhadap kekuatan batuan andesit.

KAJIAN PUSTAKA

Pengaruh Pelapukan Pada Batuan

Pelapukan adalah proses yang mengubah keadaan fisik atau kimia batuan oleh pengaruh faktor waktu, iklim dan cuaca, organisme (vegetasi), dan topografi. Iklim dan organisme sebagai faktor aktif dalam pelapukan, batuan sebagai obyek yang terkena pelapukan, sedangkan waktu dan topografi sebagai faktor pengontrol yang berpengaruh secara tidak langsung.

Pelapukan merupakan proses yang kompleks dari interaksi litosfer dengan atmosfer, hidrosfer, dan biosfer (Summerfield, 1991). Variasi keempat unsur lingkungan tersebut sangatlah beragam, oleh karenanya pelapukan juga beragam dari tempat satu dan lainnya. Keberagaman tersebuat menjadikan pelapukan menjadi obyek penelitian yang menarik bagi ahli-ahli geomorfologi, geologi dan ilmu tanah untuk menelitinya.

Goldich (1838) telah memberikan temuan mendasar tentang urutan pelapukan batuan yang diacu oleh peneliti lain selama 50 tahun. Menurut Goldich (1938) urutan mineral dari yang mudah lapuk hingga yang paling sukar lapuk adalah olivin-piroksen-ampibol-ortoklas-muskovit hingga kuarsa. Namun menurut Engelton (1986) teori Goldich tidak mempunyai cukup bukti. Fritz (1986) bahkan mendapatkan hasil yang bertolak belakang dengan yang dikemukakan Goldich (1938). Wasklewicz (1984) dalam studinya menemukan bahwa hanya pada daerah yang sedikit atau tanpa ada pengaruh organisme teori Goldich dapat diterapkan, sedangkan untuk daerah yang terpengruh oleh organisme (vegetasi) Wasklewicz (1984) mendapatkan hasil yang berlawanan. Goenadi D.H (1991) menemukan urutan pelapukan yang berbeda dari dua lokasi yang berbeda pada tanah-tanah vulkanik dengan bahan induk sama.

Walaupun secara teori dalam perhitungan di mekanika batuan contoh batuan dianggap bersifat homogen, isotrop, dan kontinyu, pada kenyataannya contoh batuan diambil dari formasi yang sama bisa memiliki kekuatan yang berbeda karena sifat heterogennya, selain itu faktor yang dapat mempengaruhi perbedaan kekuatan batuan adalah pelapukan. Hasil pengujian contoh batuan menunjukan bahwa kekuatan batuan sangan bervariasi, dari yang sangat kuat sampai dengan yang mudah retak atau pecah. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh pelapukan pada batuan sehingga mengakibatkan melemahnya kekuatan batuan tersebut.

Uji UCS (*Uniaxial Compressive Strength*)

Pengujian ini merupakan salah satu pengujian yang penting dalam mekanika batuan, uji tekan dilakukan untuk mengukur kuat tekan uniaksial dari sebuah contoh batuan berbentuk silinder dalam satu arah (uniaksial). Tujuan utama uji ini adalah untuk mengklasifikasi kekuatan dan karakteristik batuan utuh. Hasil uji ini berupa beberapa informasi, seperti kurva tegangan-regangan, kuat tekan uniaksial, modulus elastisitas, nisbah poisson, energi fraktur, dan energi fraktur spesifik.

Pengujian ini dilakukan menggunakan mesin tekan (*compression machine*) dan dalam pembebanannya mengikuti standar dari *International Society of Rock Mechanics* (ISRM, 1981). Secara teoritis penyebaran tegangan di dalam contoh batuan searah dengan gaya yang dikenakan pada contoh tersebut. Akan tetapi, pada kenyataannya arah tegangan tidak searah dengan gaya yang dikenakan pada contoh. Hal ini terjadi karena ada pengaruh dari pelat penekan pada mesin tekan yang berbentuk bidang pecah yang searah dengan

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

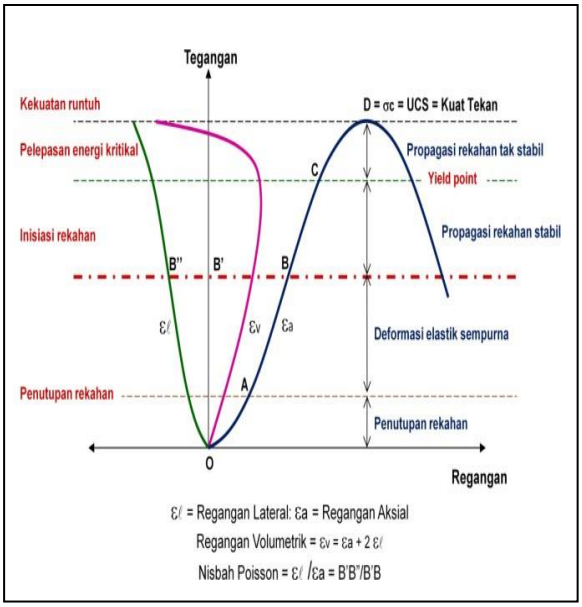
gata bentuk cone.

Contoh batuan yang akan digunakan dalam pengujian kuat tekan harus memenuhi beberapa syarat. Kedua muka contoh batuan uji harus mencapai kerataan hingga 0,02 mm dan tidak melenceng dari sumbu tegak lurus lebih besar daripada 0,001 radian (sekitar 3,5 min) atau 0,05 mm dalam 50 mm (0,06˚). Demikian juga sisi panjangnya harus bebas dari ketidakrataan sehingga kelurusannya sepanjang contoh batuan uji tidak melenceng lebih dari 0,3 mm.

Perbandingan antara tinggi dan diameter contoh batuan (L/D) akan mempengaruhi nilai kuat tekan batuan. Jika digunakan perbandingan (L/D) = 1, kondisi tegangan triaxial saling bertemu sehingga akan memperbesar nilai kuat tekan batuan. sesuai dengan ISRM (1981) untuk pengujian kuat tekan digunakan rasio (L/D) antara 2 – 2,5 dan sebaliknya diameter (D) contoh batuan uji paling tidak berukuran tidak kurang dari NX, atau kurang lebih 45 mm. Semakin besar perbandingan antara tinggi dan diameter contoh batuan yang digunakan, kuat tekannya akan semakin kecil, sama halnya dengan pelapukan, semakin banyak pelapukan yang terjadi pada contoh batuan yang digunakan, kuat tekannya semakin kecil.

Deplacement dari contoh batuan, baik pada arah axial (Δl) maupun arah lateral (ΔD) selama pengujian berlangsung dapat diukur menggunakan *dial gauge* atau *electric strain gauge.*

Hasil pengujian UCS akan memberikan kurva tegangan-regangan.



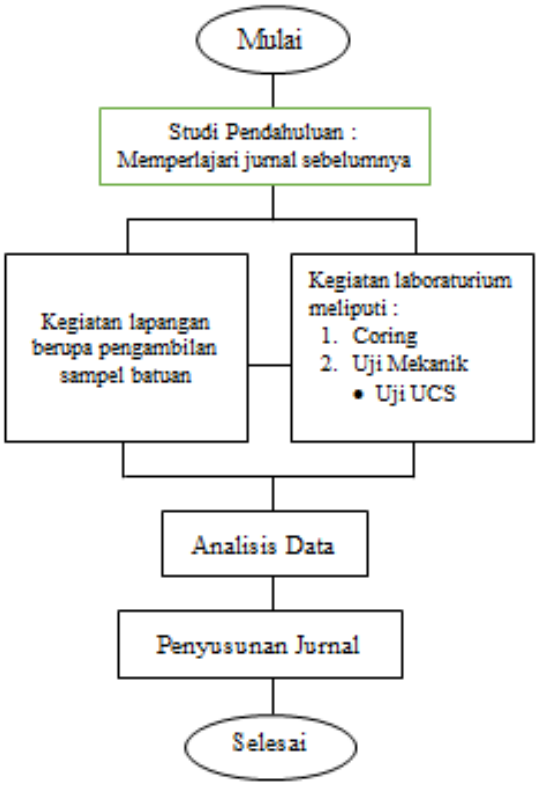
Gambar 1: Kurva tegangan-regangan pada uji UCS (Hoek and Brown, 1980)

Berdasarkan gambar di atas didapatkan rumus sebagai berikut:

1. Kuat tekan
   $\sigma_c = \frac{P}{A}$
2. Modulus Young
   $E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon\alpha}$
3. Nisbah Poisson
   $v = \frac{\in Lateral}{\in Aksial}$

METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu**,** dimulai dari penelitian lapangan untuk pengambilan sampel, deskripsi derajat pelapukan batuan secara visual, dan pengujian kuat tekan uniaksial di laboratorium, serta analisis data hasil uji UCS berdasarkan standar dari *International Society of Rock Mechanics* (ISRM, 1980).



Gambar 2: Diagram Alir Penelitia

Survey Lapangan

Pengambilan data lapangan dilakukan untuk mengambil contoh batuan dan menentukan derajat pelapukan batuan secara visual deskriptif. Identifikasi derajat pelapukan dilakukan secara vertikal dari atas ke bawah singkapan batuan.

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020



Gambar 3: Profil Singkapan Batuan Di Lapangan

Pengujian Laboratorium (UCS)

Uji kuat tekan secara uniaksial dilakukan untuk mendapatkan kekuatan batuan menahan tekanan satu arah yang diberikan kepadanya. Sampel yang digunakan sebanyak 6 buah yang diantaranya 3 batuan andesit *fresh* dan 3 batuan andesit lapuk. Pengujian kuat tekan uniaksial mengacu pada standar pengujian *International Society of Rock Mechanics (ISRM, 1981).*



Gambar 4: Profil Pengujian Kuat Tekan Uniaksial

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan lapangan

Batuan andesit di lokasi penelitian terletak di Desa Manduro, Kecamatan Ngoro, Kabupaten Mojokerto, Provinsi Jawa Timur, di jumpai dalam kondisi *fresh* dan lapuk sedang sampai sempurna (Gambar 3).

Pengamatan lapangan mengidentifikasi perkembangan derajat pelapukan batuan dari perubahan warna (*discoloration*) pada material batuan, bidang diskontinuitas, dan perbandingan antara material batuan dan tanah pada derajat pelapukan tersebut. Penentuan derajat pelapukan mengacu pada standar yang di berikan oleh Irfan dan Dearman, 1978. Perkembangan derajat pelapukan dari lapuk sedang sampai lapuk sempurna dapat diamati pada lereng tambang tersebut. Pada Lereng ini dapat diamati penampakan perkembangan pelapukan dari derajat pelapukan I hingga VI yang cukup representatif.

Tabel 1: Klasifikasi derajat pelapukan batuan (Irfan dan Dearman,1978)

Istilah	Derajat	Penciri Utama
Tanah Residu	VI	Seluruh material batuan telah terubah menjadi tanah. Struktur masa dan keemas (*fabric*) material telah rusak. Disini terjadi perubahan volume menjadi lebih besar tetapi tanah belum mengalami transportasi.
Lapuk sempurna	V	Seluruh material batuan telah terdekomposisi dan / atau terdisintegrasi menjadi tanah. Struktur masa yang asli sebagian besar masih utuh.
Lapuk Kuat	IV	Lebih dari 35% material batuan telah terdekomposisi dan /atau terdisintegrasi menjadi tanah. Batuan segar atau perubahan warna pada batuan masih dapat di jumpai sebagai kerangka diskontinus atau inti batuan

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

Istilah	Derajat	Penciri Utama
Lapuk Sedang	III	Kurang dari 35% material batuan telah terdekomposisi atau terdisintegrasi menjadi tanah. Batuan segar atau perubahan warna pada batuan masih dapat dijumpai sebagai kerangka diskontinu atau inti batuan
Lapuk ringan	*II*	Perubahan warna menunjukkan pelapukan pada material batuan da permukaan diskontinuitas.
Batuan Segar	*I*	Tidak ada tanda-tanda material batuan mengalami pelapukan, mungkin terdapat sedikit perubahan warna pada permukaan diskontinuitas utamanya.

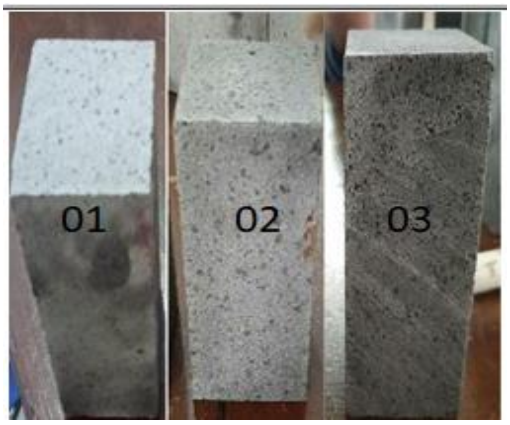
Hasil Uji UCS

Hasil uji kekuatan batuan dengan Uniaxial Compresive Strength (UCS) pada setiap sampel batuan andesit diperlihatkan pada tabel 1. Nilai Kuat tekan batuan berdasarkan UCS pada sampel batuan andesit fresh berkisar antara 72,73 – 115,51 Mpa sedangkan pada sampel batuan andesit lapuk berkisar antara 39,12 – 42,35 Mpa. Nilai kuat tekan batuan andesit secara umum menunjukkan pengaruh pelapukan yang semakin tinggi.

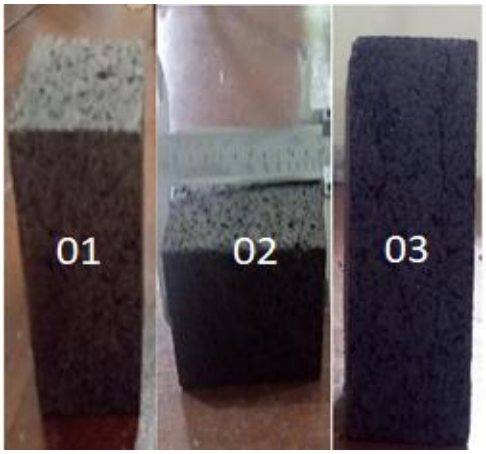
Tabel 2: Hasil Pengujian Kuat Tekan Uniaksial Pada Batuan Andesit

Sampel	01	02	03
UCS Fresh (MPa)	115,51	72.73	78.24
Modulus Young (MPa)	21389	1178	19575
Poisson (MPa)	0.36	0.04	0.11
UCS Lapuk (MPa)	42.35	41.07	39.12
Modulus Young (MPa)	7333s	5746	7667
Poisson (MPa)	0.10	0.07	0.06

Ukuran sampel yang di uji (sakal) adalah sama, yaitu dengan lebar 50 mm dan tinggi 100 mm. Berikut ini adalah gambar dari masing-masing sampel tersebut.



Gambar 5. Sampel Batuan Andesit Fresh



Gambar 6: Sampel Batuan Andesit Lapuk

Analisis pengaruh pelapukan terhadap kekuatan batuan

Dari hasil pengujian kuat tekan, nilai kuat tekan masing masing sampel batuan sangat bervariasi, yaitu nilai kuat tekan pada sampel batuan andesit *fresh* 01 dengan nilai 115,51 MPa, pada sampel batuan andesit *fresh* 02 dengan nilai 72,73 MPa, dan pada sampel batuan andesit *fresh* 03 dengan nilai 78,24 MPa, sedangkan pada sampel batuan andesit lapuk 01 dengan nilai 42,35 MPa, sampel batuan andesit lapuk 02 dengan nilai 41,07 MPa, dan pada sampel batuan andesit lapuk 03 dengan nilai 39,12 MPa. Berdasarkan hasil pengujian, memperlihatkan bahwa nilai kuat tekan uniaksial batuan sangat di pengaruhi oleh derajat pelapukan.

DISKUSI

Dari hasil kajian pustaka dan juga hasil penelitian bahwa batuan yang diambil sebagai contoh dari formasi yang sama dapat memiliki kekuatan yang berbeda karena sifat heterogennya.

Hasil pengujian sampel batuan yang di uji pada

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

penelitian ini sangat bervariasi, hal ini disebabkan karena adanya penghancuran massa batuan, baik secara fisika, kimiawi, maupun secara biologis yang biasa kita kenal dengan pelapukan batuan.

Proses pelapukan batuan dapat terjadi karena disebabkan oleh beberapa faktor seperti; waktu, jenis dan struktur batuan, topografi, organisme, iklim dan cuaca, serta keadaan vegetasi.

Secara umum, pelapukan terdiri atas 3 macam, yaitu:

1. Pelapukan Fisika, yaitu pelapukan dari batuan yang diakibatkan adanya pengaruh faktor fisik pada batuan. Ada faktor utama yang paling berperan dalam pelapukan ini, faktor yang paling dominan tersebut adalah suhu udara, tekanan, dan juga kristalisasi garam.
2. Pelapukan Kimia, yaitu pelapukan yang diakibatkan perubahan struktur kimiawi yang ada pada batuan melalui reaksi tertentu. Ada 3 macam reaksi yang terjadi pada pelapukan kimia antara lain; *solution*, hidrolisis, dan oksidasi.
3. Pelapukan Biologi atau Organik, yaitu jenis pelapukan batuan yang dilakukan oleh organisme melalui aktivitasnya di sekitar lingkungan batuan tersebut berada.

Jika dilihat dari situasi yang ada di lapangan (daerah penelitian), pelapukan yang terjadi pada daerah penelitian didominasi oleh pelapukan fisika dan biologi (organik). Hal ini dicirikan denga adanya perubahan fisik pada batuan yaitu berupa warna serta perubahan struktur batuan yang disebabkan oleh adanya pengaruh suhu, iklim dan cuaca, serta aktivitas organisme yang ada di sekitar daerah batuan itu berada (aktivitas penambangan dan masyarakat setempat).

Oleh sebab itu, dari pengujian yang dilakukan dapat diketahui bahwa semakin banyak pelapukan yang terjadi pada batuan maka semakin kecil pula nilai kuat tekannya, dan begitu juga sebalikmya, semakin sedikit atau bahkan tidak ada pelapukan yang terjadi (masih *fresh*) maka semakin besar pula nilai kuat tekan batuan tersebut.

KESIMPULAN

Pengujian kuat tekan uniaksial sampel batuan andesit menggunakan UCS didapatkan nilai kuat tekan batuan berkisar antara 39,12 – 115,51 MPa mulai dari yang lapuk sedang hingga yang *fresh* (segar). Perbedaan nilai kuat tekan yang didapatkan disebabkan oleh adanya pelapukan yang terjadi pada batuan tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini peneliti mengucap syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, dan juga kepada *Asia Rock Test* "Laboratorium Geomekanika Pengujian Teknik Batuan dan Desain Rekayasa Yogyakarta yang sudah membantu dalam melakukan pengujian sampel kuat tekan batuan. Peneliti juga mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing Yudho Dwi Galih Cahyono yang sudah membimbing dalam proses pengerjaan jurnal ini. Dan ucapan terima kasih kepada Departemen Teknik Pertambangan Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, sebagai tempat dalam menimbah ilmu, dan juga kepada teman-teman kelompok sehingga jurnal ini dapat terselesaikan dengan baik

DAFTAR PUSTAKA

Handoyo, S., & Winingsih, P. H. (2019). Analisa Struktural Batuan Andesit Di Desa Laksanamekar Bandung Jawa Barat. *Jurnal Fisika Flux*, 1-5.

Irwandy, A. (2016). *Geoteknik Tambang.* Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Jamulya, Haryono Eko. (2000). Kajian Tingkat Pelapukan Batuan Menurut Toposekuen Di Daerah Aliran Sungai Tangsi Kabupaten Magelang. *Jurnal Majalah Geografi Indonesia. 1-12.*

Nur, A. W., Triheryady, A., & Rakhman, A. N. (2016). Studi Rekomendasi Penggalian Di TinjauDari Struktur Bidang Lemah dan Kekuatan Batuan Lava Andesit di Daerah Girimulyo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulonprogo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 1-10.

Panji, R., Arfiansyah, K., Kusumah, P. A., Amrullah, F., & Gani, R. M. (2018). Identifikasi karateristik dan Kualitas Andesit Bagi Bahan Bangunan Daerah BatuJajar, Kecamatan Batujajar Timur, Kabupaten Bandung Barat. *Padjajaran Geoscience Journal*, 1-8.

Permanajati Indra, Zakaria.Z, Hadiana.M.S.D. (2018). Kajian Petrografi pada zona pelapukan breksi piroklastik Terhadap Longsoran Gunung Pawinihan Kabupaten banjarnegara Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Dinamika Rekayasa. 1-8*

Purwanto, Muhaimin, A., Djamaluddin, Husain, R., & Busthan. (2017). Pengaruh Derajat Pelapukan Terhadap Kekuatan Batuan Pada Batuan Basal. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi IV*, 1-8.