

**PENGARUH TINGKAT PELAPUKAN BASAL TERHADAP KEKUATAN BATUAN MENGGUNAKAN UCS DAN SCHMIDT HAMMER*****INFLUENCE OF WEATHERING DEGREE OF BASALT ON ROCK STRENGTH BY UCS AND SCHMIDT HAMMER***A. Sofyan<sup>1</sup>, Purwanto<sup>2\*</sup>, N. F. Qaidahiyani<sup>3</sup><sup>1-3</sup>Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin<sup>1-3</sup>Jl. Poros Malino km.6, Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesiae-mail: [akmal.sofyan1391@gmail.com](mailto:akmal.sofyan1391@gmail.com), [purwanto@unhas.ac.id](mailto:purwanto@unhas.ac.id), [nirmana.fiqra.q@unhas.ac.id](mailto:nirmana.fiqra.q@unhas.ac.id)**ABSTRAK**

Batuan sebagai bagian yang inheren terhadap struktur bangunan memiliki peran yang fundamental dalam perancangan konstruksi, baik pada bidang sipil maupun pertambangan. Kabupaten Gowa khususnya Kecamatan Pattalassang menjadi salah satu pusat penambangan batuan yang banyak didistribusikan ke beberapa wilayah sekitarnya. Parameter kekuatan selain dipengaruhi jenis batuan, juga dipengaruhi oleh tingkat pelapukan batuan. Ketidakseragaman pada pelapukan batuan membuat terjadinya variabilitas kekuatan batuan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi derajat pelapukan pada batuan hasil penambangan di Kabupaten Gowa berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan laboratorium, menganalisis pengaruh derajat pelapukan terhadap kekuatan batuan menggunakan uji kuat tekan uniaksial, dan menganalisis kekuatan batuan menggunakan analisis regresi linear pada nilai kuat tekan uniaksial terhadap nilai pantul *Schmidt Hammer* berdasarkan derajat pelapukannya. Metode pengujian yang digunakan pada penelitian ini adalah menentukan derajat pelapukan menggunakan analisis XRD dan pengamatan mikroskopis, uji sifat fisik batuan, uji kuat tekan batuan menggunakan mesin UCS, pengujian nilai pantul *Schmidt Hammer*, dan analisis regresi linear korelasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 4 jenis derajat pelapukan yaitu derajat pelapukan II, derajat pelapukan III, derajat pelapukan IV, dan derajat pelapukan V. Pengaruh derajat pelapukan terhadap nilai kuat tekan uniaksial menunjukkan pengaruh yang kuat negatif (berbanding terbalik) dimana nilai kuat tekan uniaksial akan menurun seiring meningkatnya derajat pelapukan batuan. Hasil analisis regresi linear sederhana nilai kuat tekan uniaksial terhadap nilai pantul *Schmidt Hammer* berdasarkan derajat pelapukan adalah  $UCS = 1,1478 SCH + 39,464$ , dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) adalah 0,9271, dan koefisien korelasi ( $R$ ) adalah 0,9628.

**Kata kunci:** basal, kekuatan batuan, nilai kuat tekan uniaksial, *schmidt hammer*, derajat pelapukan

**ABSTRACT**

*Rock as an inherent part of the building structure has a fundamental role in construction design, both in the civil and mining fields. Gowa Regency, especially Pattalassang District, is one of the rock mining centers which is widely distributed to several surrounding areas. Besides being affected by the type of rock, the strength parameter is also affected by the degree of weathering of the rock. The non-uniformity in rock weathering causes variability in rock strength. This study aims to identify the degree of weathering of rock mined in Gowa Regency based on the results of field and laboratory observations, analyze the effect of the degree of weathering on rock strength using the uniaxial compressive strength test, and analyze the correlation between rock strength using uniaxial compressive strength values and Schmidt Hammer reflection values based on the degree of weathering. The test method used in this study are determining the degree of weathering by XRD analysis and microscopic observation, testing of physical properties, compressive rock strength by UCS test, testing the Schmidt Hammer reflectance value, and correlation linear regression analysis. The results showed that there were 4 types of weathering degrees, namely weathering degree II, weathering degree III, weathering degree IV, and weathering degree V. The effect of the degree of weathering on the uniaxial compressive strength value shows a strong negative effect (reversely) where the uniaxial compressive strength value will decrease as the degree of rock weathering increases. The results of linear regression analysis of the uniaxial compressive strength value to the Schmidt Hammer reflection value based on the degree of weathering is  $UCS = 1.1478 SCH + 39.464$ , with a value of the coefficient of determination ( $R^2$ ) is 0.9271, and the correlation coefficient ( $R$ ) is 0.9628.*

**Keywords:** basalt, rock strength, uniaxial compressive strength, *schmidt hammer*, weathering degree

## PENDAHULUAN

Batuan merupakan benda padat dan keras yang terdiri dari satu atau lebih mineral berbeda dan memiliki sifat heterogen, diskontinu dan anisotrop [1]. Batuan sebagai bagian yang inheren terhadap struktur bangunan memiliki peran yang fundamental dalam perancangan konstruksi, baik pada bidang sipil maupun pertambangan. Salah satu jenis batuan yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan bangunan adalah batuan basal.

Parameter kekuatan selain dipengaruhi oleh jenis batuan, juga dipengaruhi oleh tingkat pelapukan pada batuan tersebut. Pelapukan menyebabkan perubahan kimia dalam mineral yang terdapat pada batuan [2]. Semakin keras mineral pembentuknya maka semakin keras pula batuan tersebut dan akan menghasilkan nilai kuat tekan yang semakin besar [3]. Proses pelapukan dapat mempengaruhi sifat mekanik batuan dan massa batuan pada kedalaman dangkal dan permukaan bumi, sehingga membuat ketidakteragaman kekuatan pada batuan.

Mekanika batuan memberikan informasi yang mendasar terhadap karakteristik batuan mengenai sifat fisik dan sifat mekanik batuan. Karakteristik kekuatan batuan dapat diperoleh melalui pengujian di lapangan dan laboratorium. Uji kuat tekan uniaksial (*unconfined compressive strength*) menggunakan mesin tekan (*compression machine*) dilakukan pada penelitian ini untuk mendapatkan hasil kuat tekan, modulus elastisitas, dan nisbah poisson. Pengujian nilai kuat tekan pada penelitian ini juga menggunakan *Schmidt Hammer*. *Schmidt Hammer* merupakan pengujian yang tidak merusak batuan, pengujian dapat dilakukan di lapangan sehingga lebih praktis, ekonomis dan memperoleh banyak data. Penggunaan *Schmidt hammer* telah dilakukan penelitian terutama untuk mengetahui kekuatan pada material beton [4].

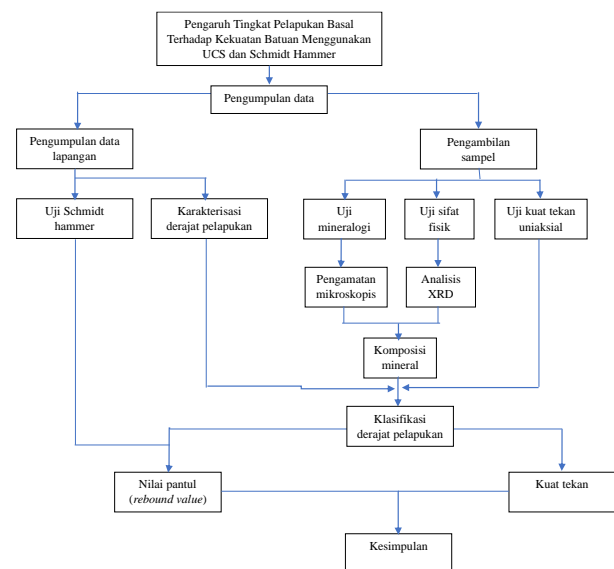
Ketidakteragaman pada pelapukan batuan membuat variabilitas kekuatan batuan, sehingga diperlukan basis data mengenai kondisi kualitas batuan untuk dijadikan sebagai referensi pada pembangunan berkelanjutan. Kajian geoteknik terhadap batuan dapat memberikan informasi yang prinsipal guna mencapai keberhasilan pembangunan berkelanjutan yang kuat dan aman untuk meminimalisasi terjadinya kerusakan dan ancaman bahaya bagi lingkungan dan manusia [5]. Pengujian kuat tekan uniaksial dan uji *Schmidt Hammer* nantinya akan dikorelasikan untuk mendapatkan persamaan kuat tekannya. Persamaan kuat tekan dari korelasi antara uji kuat tekan uniaksial terhadap uji *Schmidt Hammer* akan diimplementasikan dalam penentuan nilai kuat tekan [6,7].

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi derajat pelapukan pada batuan hasil penambangan di Kabupaten Gowa berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan laboratorium; menganalisis pengaruh derajat pelapukan terhadap kekuatan batuan

menggunakan uji kuat tekan uniaksial; dan menganalisis korelasi antara kekuatan batuan menggunakan nilai kuat tekan uniaksial terhadap nilai pantul *Schmidt Hammer* berdasarkan derajat pelapukannya. Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat diperoleh prediksi kekuatan batuan secara cepat di lapangan dengan menggunakan pengujian *Schmidt Hammer* pada kondisi pelapukan yang umumnya terjadi di Indonesia.

## METODE PENELITIAN

Alur penelitian pada gambar 1 terdiri dari beberapa tahap yang diawali dari pengamatan lapangan dan karakterisasi derajat pelapukan, pengambilan sampel, preparasi sampel, pengujian nilai pantul *Schmidt Hammer*, analisis petrografi, pengujian sifat fisik, pengujian kuat tekan uniaksial dan analisis korelasi linear. Penelitian lapangan dilakukan pada daerah administrasi Kelurahan Timbusseng, Kecamatan Pattalassang, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan dan pengujian laboratorium dilakukan di laboratorium Geomekanika dan laboratorium Pengolahan Bahan Galian, Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.



Gambar 1. Alur penelitian

Pengambilan data pada penelitian ini dibedakan menjadi data lapangan dan data laboratorium. Pengambilan data lapangan berupa nilai pantul *Schmidt Hammer* dan karakterisasi derajat pelapukan. Data laboratorium yaitu pengamatan mikroskopis, data sifat fisik (densitas, porositas, kadar air, dan nisbah pori), dan data sifat mekanis batuan (kuat tekan uniaksial, modulus elastisitas, dan nisbah Poisson).

Karakterisasi derajat pelapukan dilakukan secara visual deskriptif di lapangan mengacu pada sistem klasifikasi derajat pelapukan yang dibuat oleh Agustawijaya (Tabel

1). Derajat pelapukan diidentifikasi secara vertikal dari atas ke bawah.

**Tabel 1.** Klasifikasi pelapukan [7]

Deskriptor	Ciri Khas	Grade
Segar	Tidak ada perubahan dari kondisi asal .	I
Sedikit lapuk	Ada perubahan warna, permukaan sedikit lunak.	II
Lapuk	Permukaan lunak, perubahan warna sudah banyak, batuan sudah mulai terombak menjadi blok batuan.	III
Sangat lapuk	Blok batuan sudah bisa dipatahkan dengan tangan, tapi blok batuan belum pecah Ketika direndam dalam air.	IV
Lapuk menyeluruh	Sangat lunak, blok batuan pecah dalam air, walau ciri batuan masih ada.	V
Tanah residu	Tanah hasil pelapukan, ciri batuan sudah tidak tampak.	VI

Metode pengambilan nilai pantul menggunakan *Schmidt Hammer* mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI ASTM C805:2012). Pengujian dilakukan pada pada 10 titik bacaan pada setiap daerah pengujian dengan jarak masing-masing titik bacaan tidak boleh lebih kecil dari 25 mm. Hasil pembacaan yang berbeda lebih dari 6 satuan dari rata-rata 10 titik bacaan diabaikan dan nilai rata-rata dihitung dari pembacaan data yang memenuhi syarat. Bila lebih dari 2 titik bacaan memiliki perbedaan lebih dari 6 satuan dari nilai rata-rata, maka seluruh rangkaian pembacaan harus dibatalkan [8].

Uji sifat fisik dilakukan untuk mengetahui bobot isi asli, bobot isi kering, bobot isi jenuh, berat jenis semu, berat jenis sejati, kadar air asli, kadar air jenuh, derajat kejenuhan, porositas (n), dan nisbah rongga (e). Dalam pengujian ini, sampel yang digunakan sebanyak 12 (dua belas) buah sampel yang terdiri dari 4 (empat) sampel derajat pelapukan II, derajat pelapukan III, dan derajat pelapukan IV. Pengujian sifat fisik yang merupakan uji *non destructive* berguna untuk mengetahui hubungan antara pelapukan dengan sifat fisik batuan. Ketidakteraturan yang dihasilkan dari uji sifat fisik ini menjadi indikasi tidak meratanya kekuatan batuan. Rumus yang digunakan untuk menentukan parameter-parameter sifat fisik yaitu [3]:

$$\rho_n = \frac{w_n}{(w_s - w_o)} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (1)$$

$$\rho_d = \frac{w_o}{(w_w - w_s)} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (2)$$

$$\rho_s = \frac{w_w}{(w_w - w_s)} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (3)$$

$$n = \frac{w_n - w_o}{w_s - w_o} \times 100\% \quad (4)$$

$$S = \frac{w_n - w_o}{w_s - w_o} \times 100\% \quad (5)$$

$$n = \frac{w_s - w_o}{w_s - w_w} \times 100\% \quad (6)$$

$$e = \frac{n}{(1-n)} \times 2.7 \quad (7)$$

Keterangan :

- $\rho_n$  = Bobot isi asli/natural density
- $\rho_d$  = Bobot isi kering / dry density
- $\rho_s$  = Bobot isi jenuh / saturated density
- W = Kadar air
- S = Derajat kejenuhan
- n = Porositas
- e = Void ratio

Uji kuat tekan dilakukan untuk mengukur kuat tekan dari sampel batuan yang berbentuk silinder dalam satu arah (uniaksial). Pengujian ini dilakukan menggunakan mesin tekan (*compression machine*) dan dalam pembebanannya mengikuti standar dari ISRM 1981 (*Suggested Methods for Determining the Uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials*). Pengujian kuat tekan uniaksial merupakan pengujian yang bersifat destruktif atau merusak sampel sehingga sampel hanya bisa digunakan untuk satu kali pengujian. Sampel yang digunakan sebanyak 12 (dua belas) buah sampel yang terdiri dari 4 (empat) sampel derajat pelapukan II, derajat pelapukan III, dan derajat pelapukan IV. Persamaan yang digunakan pada uji kuat tekan uniaksial yaitu [3]:

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon_a} \quad (8)$$

$$v = -\frac{\epsilon_l}{\epsilon_a} = \frac{\Delta d/d}{\Delta l/l} \quad (9)$$

$$\sigma_c = \frac{F}{A} \quad (10)$$

Pengamatan mikroskopis dilakukan dengan mengamati hasil preparasi sayatan tipis dengan menggunakan mikroskop polarisasi. Tujuan pengamatan ini adalah untuk mengetahui nama batuan dan mineralogi batuan. Alat yang digunakan untuk melihat dan menganalisis komposisi mineral adalah mikroskop polarisasi. Tipe mikroskop yang digunakan yaitu mikroskop tipe Nikon Eclipse LV 100N Po.

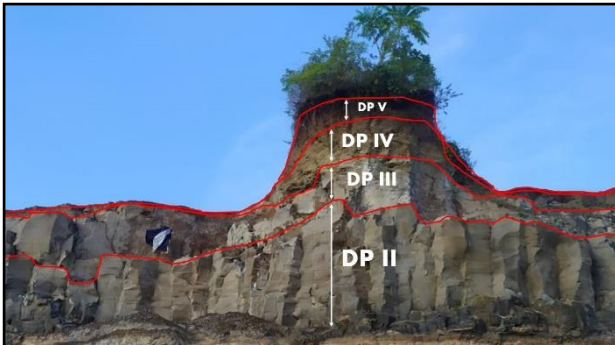
Data klasifikasi derajat pelapukan batuan serta pengujian secara langsung di lapangan berupa nilai pantul *Schmidt hammer* dan pengujian di laboratorium berupa data sifat fisik batuan dan data sifat mekanis batuan kemudian dianalisis menggunakan analisis regresi linear. Selain itu, data hasil pengamatan tersebut akan divalidasi dengan menggunakan metode *mean absolute percentage error* (MAPE).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Klasifikasi Derajat Pelapukan

Berdasarkan kondisi aktual lapangan, terdapat empat zona derajat pelapukan yaitu; derajat pelapukan II, derajat

pelapukan III, derajat pelapukan IV, dan derajat pelapukan V. Kondisi aktual zona pembagian derajat pelapukan dapat dilihat pada gambar 2.



**Gambar 2.** Zona pembagian derajat pelapukan

Terdapatnya perubahan warna pada permukaan batuan dan munculnya bidang diskontinuitas merupakan petunjuk awal dari derajat pelapukan II (Gambar 3) atau disebut telah mengalami lapuk ringan (*slightly weathered*). Batuan basal pada posisi segar memiliki warna abu-abu kebiruan yang dikategorikan sebagai batuan mafic dan memiliki struktur yang masif atau tidak terindikasi memiliki bidang diskontinuitas. Perbedaan warna dengan kondisi segar pada derajat pelapukan ini memiliki warna abu-abu kusam hingga abu-abu gelap dengan sedikit warna coklat pada permukaan yang disebabkan oleh proses oksidasi. Selain itu, kerapatan pada bidang diskontinu relatif renggang. Bidang diskontinu yang berupa kekar (*joint*) memiliki jarak 0,9 m – 1,7 m antar kekar dengan ketebalan 0,5 mm – 2 mm. Material *infill* pada bidang diskontinu diisi oleh tanah yang berwarna coklat mengandung mineral lempung. Tekstur batuan berupa porfiritik serta fenokris mengandung mineral piroksin dan batuan sulit untuk dihancurkan menggunakan palu geologi.



**Gambar 3.** Penampakan zona derajat pelapukan II

Derajat pelapukan III dicirikan dengan adanya *block* batuan pada zona ini. *Block* batuan pada derajat pelapukan III atau lapuk menengah mengakibatkan kekuatan batuan menurun. Keterdapatan *block* batuan diakibatkan karena perkembangan bidang diskontinu yang lebih intensif pada

batuan. Terdapat zona ubahan warna yang meluas pada hampir semua permukaan pada area derajat pelapukan III. Permukaan berwarna coklat muda bercampur abu-abu kusam serta bidang diskontinu lurus dan relatif sejajar dengan jarak 10 cm-46 cm antar bidang diskontinu dengan ketebalan 0.5 cm – 2 cm serta terbuka dan terisi mineral lempung. Terdapat kurang dari 35% material batuan terdekomposisi menjadi tanah. Tekstur porfiritik masih dapat dilihat pada area zona derajat pelapukan III (Gambar 4). Fenokris mengandung mineral *Pyroxene* dan *Hornblende*. Batuan sulit dihancurkan dengan palu geologi.



**Gambar 4.** Penampakan zona derajat pelapukan III

Derajat pelapukan IV pada gambar 5 ditandai adanya keterdapatan *spheroidal weathering* dan *corestone*. Lebih dari > 35% material batuan telah terdekomposisi menjadi tanah dan terjadi disintegrasi massa batuan yang menghasilkan fragmen batuan. Material pada derajat pelapukan IV berupa batuan dan tanah. Material tanah berwarna hijau tua hingga coklat, batuan berwarna coklat kusam hingga abu-abu. Material dominan berupa tanah dapat dipatahkan dengan tangan. Fragmen berukuran berangkal (64 mm-256 mm) terlihat pada derajat pelapukan IV, bidang diskontinu sangat rapat dan saling potong. Batuan inti dengan mudah dapat diambil menggunakan palu geologi. Tekstur porfiritik masih terlihat pada derajat pelapukan IV.



**Gambar 5.** Penampakan zona derajat pelapukan IV

Zona derajat pelapukan V menampakkan material batuan yang telah berubah menjadi tanah dan sisa tekstur yang mirip dengan tekstur batuan asal masih ditemukan pada

zona ini. Terdapat fragmen berukuran kerikil dan telah lapuk lanjut, bidang diskontinu yang diindikasikan masih terdapat pada zona derajat pelapukan V (Gambar 6). Material berwarna coklat muda hingga coklat tua dan berbutir pasir kasar-pasir sedang. Terdapat vegetasi di atas zona derajat pelapukan V berupa rerumputan. Material sangat mudah hancur ketika terkena air.



**Gambar 6.** Penampakan zona derajat pelapukan V

### Pengamatan Mikroskopis

Pengamatan mikroskopis batuan dilakukan pada sampel batuan segar untuk mengetahui jenis batuan pada penelitian. Hasil pengamatan mikroskopis menunjukkan batuan mengandung mineral *Pyroxene* sebesar 30%, *Olivine* 17%, opak 3% dan massa dasar 50%. Mineral feldspar terlihat sebagai massa dasar pada hasil pengamatan. Berdasarkan hasil pengamatan mikroskop polarisasi dan dikorelasikan terhadap tabel klasifikasi batuan beku Russell B. Travis (1955) bahwa batuan pada daerah peneltian merupakan batuan basal porfiri.

### Hasil Pengujian Schmidt Hammer

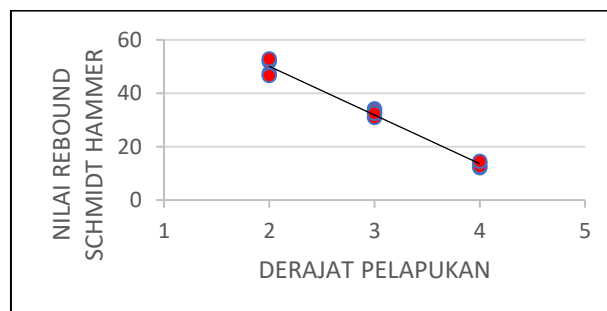
Pengujian kekuatan batuan menggunakan *Schmidt Hammer* dilaksanakan pada empat belas (14) sampel yang diperoleh dari empat derajat pelapukan batuan yang ada (Tabel 2).

Derajat pelapukan II memiliki memiliki nilai pantul tersebar dengan rata-rata nilai pantul 49,65. Derajat pelapukan III memiliki nilai pantul rata-rata 32,73 dan derajat pelapukan IV memiliki nilai pantul terkecil dengan rata-rata nilai pantul 13,18.

Pembacaan nilai pantul pada pengujian *Schmidt hammer* derajat pelapukan V tidak dapat terbaca pada skala pembacaan *schmidt* dikarenakan material yang terdapat pada derajat pelapukan V didominasi material tanah atau telah lapuk sempurna. Hasil analisis hubungan derajat pelapukan terhadap nilai pantul *Schmidt hammer* dapat dilihat pada gambar 7.

**Tabel 2.** Hasil pengujian *Schmidt hammer*

Kondisi Batuan	Pengujian	Nilai Pantul <i>Schmidt Hammer</i>
Derajat Pelapukan II	2A	47,4
	2B	51,9
	2C	52,8
	2D	46,6
Nilai Pantul rata-rata		49,65
Derajat Pelapukan III	3A	34,1
	3B	30,9
	3C	33,4
	3D	32,5
Nilai Pantul rata-rata		32,73
Derajat Pelapukan IV	4A	12,1
	4B	13,7
	4C	12,5
	4D	14,4
Nilai Pantul rata-rata		13,18
Derajat Pelapukan V	5A	n
	5B	n
Nilai Pantul rata-rata		n



**Gambar 7.** Grafik korelasi nilai rebound terhadap derajat pelapukan

### Hasil pengujian sifat fisik

Pengujian sifat fisik dilakukan pada semua derajat pelapukan batuan kecuali pada derajat pelapukan 5 (Tabel 3). Hal ini disebabkan karena pada batuan dengan derajat pelapukan 5 sangat mudah hancur.

Tabel 3 menunjukkan nilai densitas batuan pada setiap derajat pelapukan. Sampel batuan uji pada derajat pelapukan II memiliki nilai rata-rata yang paling tinggi, diikuti derajat pelapukan III dan sampel batuan uji derajat pelapukan IV memiliki nilai densitas paling rendah. Sedangkan berdasarkan Tabel 4 nilai kadar air asli, kadar air jenuh, derajat kejenuhan, porositas, dan nisbah pori pada sampel batuan uji memiliki nilai yang berbeda-beda disetiap derajat pelapukan.

Pengujian sifat fisik pada derajat pelapukan V tidak dilakukan disebabkan keterbatasan alat pada pengujian karena material yang terdapat pada derajat pelapukan V didominasi material tanah atau telah lapuk sempurna.

**Tabel 3.** Densitas batuan uji

Kondisi Batuan	Nomor Sampel	Densitas /Bobot Isi Batuan (gram/cm <sup>3</sup> )		
		Natural	Kering	Jenuh
Derajat Pelapukan II	DP 21	2,946	2,932	2,959
	DP 22	2,871	2,860	2,886
	DP 23	2,855	2,843	2,871
	DP 24	2,866	2,854	2,879
Rata-Rata		2,885	2,872	2,899
Derajat Pelapukan III	DP 31	2,746	2,728	2,758
	DP 32	2,786	2,770	2,798
	DP 33	2,745	2,726	2,755
	DP 34	2,735	2,718	2,747
Rata-Rata		2,753	2,735	2,765
Derajat Pelapukan IV	DP 41	2,672	2,642	2,682
	DP 42	2,693	2,658	2,698
	DP 43	2,649	2,620	2,661
	DP 44	2,664	2,630	2,669
Rata-Rata		2,67	2,64	2,68
Derajat Pelapukan V	-	-	-	-

**Tabel 4.** Hasil uji sifat fisik

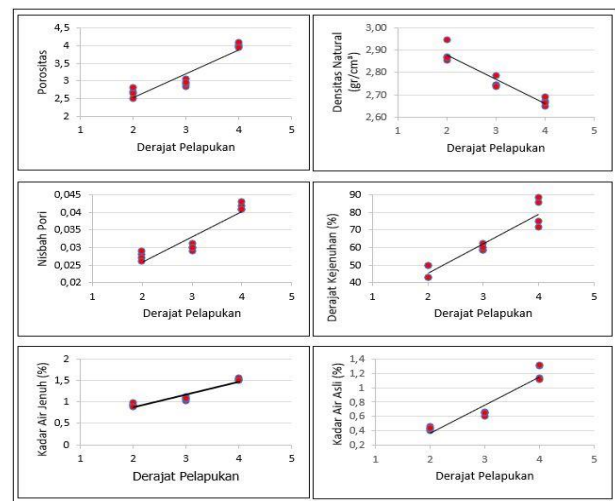
Nomor Sampel	Parameter sifat fisik				
	Kadar air asli	Kadar air jenuh	S (%)	n (%)	e
DP 21	0,461	0,922	50,000	2,703	0,028
DP 22	0,397	0,927	42,857	2,652	0,027
DP 23	0,424	0,989	42,857	2,811	0,029
DP 24	0,440	0,880	50,000	2,510	0,026
Rata-Rata	0,430	0,929	46,429	2,669	0,027
DP 31	0,653	1,119	58,333	3,053	0,031
DP 32	0,600	1,029	58,333	2,850	0,029
DP 33	0,669	1,071	62,500	2,920	0,030
DP 34	0,649	1,082	60,000	2,941	0,030
Rata-Rata	0,643	1,075	59,792	2,941	0,030
DP 41	1,130	1,507	75,000	3,980	0,041
DP 42	1,297	1,514	85,714	4,023	0,042
DP 43	1,116	1,563	71,429	4,094	0,043
DP 44	1,320	1,496	88,235	3,935	0,041
Rata-Rata	1,22	1,52	80,09	4,01	0,04
DP 5	-	-	-	-	-
Rata-rata					

Tabel 4 memperlihatkan adanya kenaikan persentase setiap parameter sifat fisik. Peneliti dari Melbourne, Australia mengemukakan bahwa ketika tingkat pelapukan

meningkat, maka kandungan air jenuh juga meningkat dalam batuan lapuk serta kandungan air jenuh dapat dipergunakan sebagai parameter yang efektif untuk mengkuantifikasi pelapukan batuan [9]. Persentase kadar air asli meningkat seiring meningkatnya derajat pelapukan pada batuan basal. Peningkatan kadar air asli pada setiap derajat pelapukan menandakan terjadinya proses pelapukan fisika yang dapat menyebabkan terjadinya disintegrasi yang kemudian menyebabkan terbentuknya retakan dalam massa batuan.

Menurut Melati S. (2019), porositas dipengaruhi oleh ukuran butir, susunan butir, sudut kemiringan dan komposisi mineral pembentuk batuan yang berpengaruh terhadap kerapatan antar butir pada batuan [10].

Hasil analisis hubungan derajat pelapukan terhadap parameter sifat fisik batuan dapat dilihat pada gambar 8.



**Gambar 8.** Grafik korelasi parameter sifat fisik terhadap derajat pelapukan

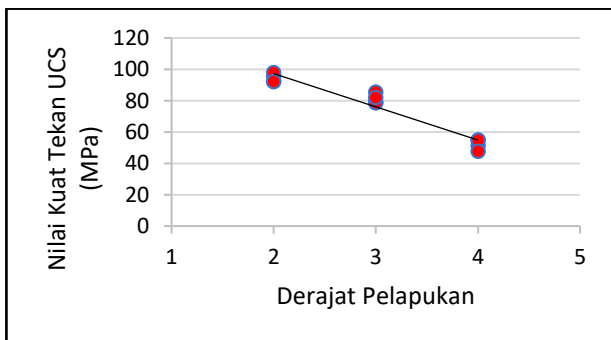
**Hasil pengujian kuat tekan uniaksial batuan**

Tabel berikut (Tabel 5) menunjukkan hasil pengujian pada empat (4) buah sampel pada derajat pelapukan 2 memiliki nilai kuat tekan uniaksial berkisar pada 92,28 MPa – 97,99 MPa dengan rata-rata 94,61 MPa. Derajat pelapukan 3 memiliki nilai kuat tekan 78,71 MPa – 85,55 MPa dengan rata-rata nilai kuat tekan sebesar 81,26 MPa. Derajat pelapukan 4 memiliki nilai kuat tekan 47,77 MPa – 54,90 MPa dengan rata-rata nilai kuat tekan sebesar 52,22 MPa.

Dengan demikian, secara keseluruhan nilai kuat tekan batuan akan menurun seiring meningkatnya derajat pelapukan batuan (Gambar 9).

**Tabel 5.** Hasil pengujian uji kuat tekan

Kondisi Batuan	Nomor Sampel	$\sigma_c$ (MPa)	E (MPa)	$\nu$
Derajat Pelapukan II	DP 21	95,93	8464,78	0,24
	DP 22	97,99	8354,50	0,23
	DP 23	92,28	8458,51	0,23
	DP 24	92,25	8300,73	0,23
Rata-Rata		94,61	8394,63	0,23
Derajat Pelapukan III	DP 31	78,78	7587,32	Z
	DP 32	85,55	7389,25	0,25
	DP 33	78,71	7158,56	0,24
	DP 34	82,00	7111,91	0,25
Rata-Rata		81,26	7311,76	0,25
Derajat Pelapukan IV	DP 41	51,35	4616,22	0,34
	DP 42	54,89	4798,19	0,36
	DP 43	54,90	4621,25	0,36
	DP 44	47,77	4675,38	0,35
Rata-Rata		52,22	4677,76	0,35
Derajat Pelapukan V	-	-	-	-



**Gambar 9.** Grafik korelasi nilai tekan UCS terhadap derajat pelapukan

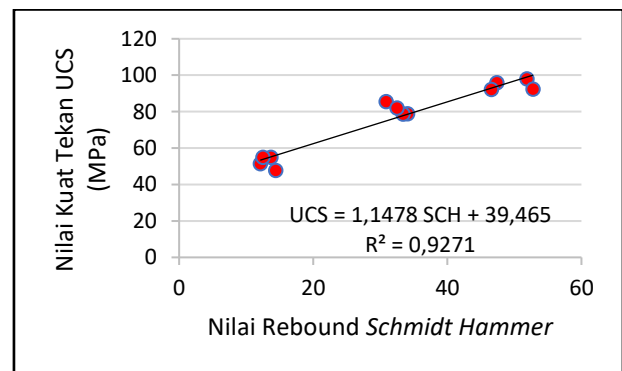
**Analisis regresi nilai UCS terhadap nilai Schmidt Hammer**

Berdasarkan hasil analisis regresi linear sederhana, hubungan nilai UCS terhadap nilai *Schmidt Hammer* menunjukkan hubungan yang linear dan berbanding lurus. Dapat dilihat pada gambar 10 menunjukkan koefisien determinasi sebesar 0,93 dan nilai koefisien korelasi sebesar 0,96. Nilai koefisien korelasi tersebut menunjukkan bahwa besarnya nilai *Schmidt Hammer* sangat berpengaruh terhadap nilai UCS yang diperoleh, memiliki hubungan yang sangat kuat secara positif (berbanding lurus).

Berdasarkan perhitungan nilai MAPE (*mean absolute percentage error*), didapatkan nilai MAPE antara kuat

tekan (prediksi) dan kuat tekan (laboratorium) pada derajat pelapukan II memiliki nilai sebesar 2,49%. Hal ini berarti nilai kuat tekan (prediksi) memiliki *error* sebesar 2,49% terhadap nilai kuat tekan (laboratorium) yang terbilang akurat.

Nilai MAPE antara kuat tekan (prediksi) dan kuat tekan (laboratorium) pada derajat pelapukan III memiliki nilai sebesar 6,84%, sedangkan nilai MAPE antara kuat tekan (prediksi) dan kuat tekan (laboratorium) pada derajat pelapukan IV memiliki nilai sebesar 5,34%. Hal ini berarti nilai kuat tekan (prediksi) memiliki *error* sebesar 5,34% terhadap nilai kuat tekan (laboratorium) yang terbilang akurat.



**Gambar 10.** Grafik analisis korelasi nilai kuat tekan UCS terhadap nilai rebound *Schmidt Hammer*

**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan, pengujian sifat fisik, pengujian sifat mekanis, pengamatan mikroskopis dan analisis XRD pada setiap sampel batuan, maka disimpulkan bahwa di daerah penelitian terdapat 4 jenis derajat pelapukan yaitu: derajat pelapukan II, derajat pelapukan III, derajat pelapukan IV, dan derajat pelapukan V.

Berdasarkan pengujian kuat tekan uniaksial didapatkan nilai kuat tekan batuan akan menurun seiring meningkatnya derajat pelapukan. Nilai kuat batuan terbesar terdapat pada sampel derajat pelapukan II dengan rata-rata 94,61 MPa, diikuti sampel batuan pada derajat pelapukan III sebesar 81,26 MPa dan nilai kuat batuan pada sampel derajat pelapukan IV memiliki rata-rata nilai kuat batuan terkecil yaitu sebesar 52,22 MPa.

Berdasarkan persamaan matematis dari hasil analisis regresi linear sederhana nilai kuat tekan uniaksial terhadap nilai pantul *Schmidt Hammer* berdasarkan derajat pelapukan batuan basalt diperoleh persamaan  $UCS = 1,1478 SCH + 39,464$ , dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) adalah 0,9271, dan koefisien korelasi ( $R$ ) adalah 0,9628. Hal ini menunjukkan bahwa tingginya hubungan antara nilai kuat tekan uniaksial dan



nilai pantul *Schmidt hammer* berdasarkan derajat pelapukannya.

Berdasarkan validasi menggunakan metode MAPE (*mean absolute percentage error*) derajat pelapukan II memiliki nilai sebesar 2,49%, yang berarti nilai kuat tekan (prediksi) memiliki *error* sebesar 2,49% terhadap nilai kuat tekan (laboratorium) yang terbilang akurat. Derajat pelapukan III memiliki nilai MAPE sebesar 6,84% dan nilai MAPE pada derajat pelapukan IV memiliki nilai sebesar 5,34%.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Deb, D. and Verma. AK, (2016). *Fundamentals and Applications of Rock Mechanics*. Delhi : PHI Learning Private Limited.
- [2] Arikan, F. and Aydin, N, (2012). Influence of Weathering on the Engineering Properties of Dacites in Northeastern Turkey. *International Scholarly Research Network (ISRN) Soil Science*, 15.
- [3] Rai, MA., Kramadibrata, S. dan Wattimena, RK. (2014). *Mekanika Batuan*. Bandung: Institut Teknologi Bandung (ITB).
- [4] Simanjuntak, JO., dan Suragi, TE. (2015). Kuat Tekan Berdasarkan Hammer Test dan Compression Test pada Benda Uji Silinder. *Prosiding Seminar Nasional HATTi*, 35–42, Sumatera Utara, Medan : HATTI.
- [5] Zakaria, Z. dan Jihadi, L. (2016). Peran Ilmu Dasar dalam Geoteknik untuk Menunjang Pembangunan Berkelanjutan yang Berwawasan Lingkungan. *Bulletin of Scientific Contribution Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjajaran*, 14, 239–250, Bandung : Fakultas Teknik
- [6] Purwanto, Muhaimin, A., Busthan, Husain, R., Djamaluddin. (2017). Pengaruh Pelapukan pada Kuat Tekan Batuan, *Proceeding Seminar Nasional Geomekanika IV, Tahun 2017*, Padang : Universitas Negeri Padang.
- [7] Hanifah, DA. Santoso, E., Kartini, (2020). Analisis Pengaruh Tingkat Pelapukan Terhadap Kekuatan Batuan (Studi Kasus Pada Batulempung Dari Formasi Warukin). *Jurnal HIMASAPTA*, 5, 89–92.
- [8] Badan Standar Nasional. (2012). *Metode uji angka pantul beton keras ( ASTM C 805-02 , IDT )*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- [9] Agustawijaya, DS. (2019). *Geologi Teknik*. Yogyakarta: ANDI.
- [10] Melati, S. (2019). Studi Karakteristik Relasi Parameter Sifat Fisik dan Kuat Tekan Uniaksial. *Jurnal GEOSAPTA*, 5, 133–139.