

## PENGARUH DERAJAT PELAPUKAN TERHADAP KEKUATAN BATUAN PADA BATUAN BASAL

Purwanto<sup>1</sup>, Abdul Muhaimin<sup>1</sup>, Djamaluddin<sup>1</sup>, Ratna Husain<sup>2</sup>, Busthan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin

<sup>2</sup>Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin

Jl. Poros Malino, KM 6, Bontomarannu, Gowa, Indonesia, 92171

\*Email: purwanto@unhas.ac.id; ipurru@yahoo.com

### Abstrak

Salah satu sifat mekanika batuan yang sangat penting pada kegiatan pertambangan dan teknik sipil adalah kuat tekan batuan ( $\sigma_c$ ). Penentuan kuat tekan batuan selama ini banyak menggunakan uji kuat tekan batuan di laboratorium menggunakan *Uniaxial Compressive Strength (UCS)*. Uji UCS memiliki akurasi yang sangat baik, namun pelaksanaannya membutuhkan waktu yang lama dan memakan biaya yang tinggi. Oleh karena itu pada penelitian ini diusulkan metode lain untuk menentukan kuat tekan yang lebih sederhana, mudah dan murah menggunakan *Schmidt Hammer*. Penelitian ini dilakukan untuk memprediksi nilai kuat tekan uniaksial batuan dengan mengorelasikan UCS dan *Schmidt Hammer* dengan mempertimbangkan parameter derajat pelapukan. Penentuan derajat pelapukan dilakukan dengan pengamatan lapangan secara deskriptif dan laboratorium dengan pengamatan petrografi. Untuk alasan ini, Beberapa sampel batuan beku diambil di Desa Mamampang Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan. Berdasarkan pengujian UCS diperoleh hasil penurunan kekuatan dengan terjadinya peningkatan pelapukan pada batuan. Hasil serupa juga diperoleh melalui pengujian *Schmidt Hammer* yang memperlihatkan penurunan nilai pantul alat *Schmidt Hammer* ketika tingkat pelapukan meningkat. Hasil korelasi yang dilakukan antara UCS dan *Schmidt Hammer* menunjukkan nilai  $R^2 = 0,8937$  termasuk dalam korelasi yang tinggi dengan persamaan  $UCS = 3,6783SCH - 61,016$ .

**Kata kunci:** Basal, Derajat pelapukan, Kuat tekan batuan, *Schmidt Hammer*, *Uniaxial Compressive Strength (UCS)*

### 1. PENDAHULUAN

Kuat tekan adalah kemampuan batuan untuk menerima beban hingga pecah bila diberi beban dan tekanan. Pengujian kuat tekan dimaksudkan untuk menentukan ketahanan material batuan bila diberikan beban. *Uniaxial Compressive Strength (UCS)* atau biasa juga disebut dengan *Unconfined Compressive Strength* pada batuan dianggap sebagai parameter penting dalam analisis masalah geoteknik seperti peledakan batuan dan terowongan. Meskipun uji laboratorium UCS adalah metode yang paling dapat diandalkan, namun metode uji UCS di laboratorium memakan waktu dan mahal.

Metode lain yang dapat digunakan untuk menentukan kuat tekan batuan adalah menggunakan alat *Schmidt Hammer*. Pengujian dengan *Schmidt Hammer* dapat dilaksanakan secara langsung di lapangan maupun di laboratorium. *Schmidt hammer* atau palu Schmidt dikembangkan di akhir tahun 1940-an sebagai indeks peralatan untuk pengujian non-destruktif dari beton. Beberapa peneliti telah melakukan penelitian berkaitan kekuatan batuan menggunakan UCS dan *Schmidt Hammer*, antara lain Schmidt (1951), Deere dan Miller (1966), Aufumuth (1973), Aggitalis (1966), Fener, dkk (2005), Kilic dan Teymen (2008), Torabi (2010), dan Brencich, dkk (2013). Peneliti-peneliti tersebut melakukan penelitian pada berbagai jenis batuan dengan kondisi yang sama tanpa memperhatikan kondisi pelapukan dan menggunakan contoh batuan yang terdapat di luar negeri.

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). Pada penelitian ini akan fokus pada pengaruh



pelapukan batuan terhadap kekuatan batuan. Hal ini karena Indonesia merupakan salah satu negara tropis yang memiliki tingkat pelapukan batuan yang tinggi.

Pelapukan adalah proses alterasi dan pemecahan material tanah dan batuan pada dan dekat permukaan bumi oleh proses kimia, fisika dan biologis untuk membentuk tanah liat, oksida besi, dan produk pelapukan lainnya (Ollier 1984; Selby 1993; Anon 1995). Proses ini umumnya bertindak bersama-sama. Mineralogi, tekstur, dan sifat litologi batuan berubah karena pelapukan, dan dengan demikian sifat rekayasa dari batuan juga berubah (Undul, 2012).

Tujuan dalam penelitian ini adalah mengidentifikasi derajat pelapukan pada batuan berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan laboratorium serta menentukan kuat tekan batuan menggunakan alat *Schmidt Hammer* dan UCS, dan melihat pengaruh derajat pelapukan pada kedua alat tersebut.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu, penentuan derajat pelapukan secara visual di lapangan, pengambilan sampel, preparasi sampel, analisis petrografi, pengujian sifat fisik, pengujian nilai pantul *Schmidt Hammer* dan pengujian kuat tekan uniaksial. Data hasil pengamatan dan pengujian selanjutnya di analisis untuk menentukan pengaruh derajat pelapukan terhadap kekuatan batuan baik menggunakan *Schmidt Hammer* dan UCS.

### 2.1 Survei 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.

### 2.2 Analisis Petrografi

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui kondisi batuan dan mineralogi batuan. Pengamatan difokuskan pada perubahan tekstur batuan, perubahan bentuk dan ukuran mineral penyusun dan kehadiran mineral-mineral ubahan sebagai dampak dari terjadinya pelapukan pada batuan. Pengamatan ini menggunakan 4 buah sampel sayatan tipis Sampel batuan dengan tingkat pelapukan yang berbeda-beda.

### 2.3 Uji Sifat Fisik Batuan

Pengujian sifat fisik dilakukan untuk mengetahui hubungan antara pelapukan tersebut dengan sifat fisik batuan. Sifat fisik yang diukur pada sampel batuan yaitu densitas dan porositas mengacu pada metode ASTM, 2011. Sampel yang digunakan untuk mengukur sifat fisik batuan sebanyak 4 buah masing-masing mewakili sifat fisik setiap derajat pelapukan. Sampel uji yaitu hasil potongan *coring* batuan.

### 2.4 Pengujian *Schmidt Hammer*

*Schmidt Hammer* merupakan alat untuk mengukur sifat elastis atau kekuatan beton atau batu, terutama kekerasan permukaan suatu batuan. *Schmidt hammer* bersifat tidak merusak (*non-destruktif*) untuk sampel batuan, sehingga bisa digunakan berkali-kali untuk sampel batuan yang sama. Pengujian *Schmidt hammer* pada penelitian ini menggunakan standar ISRM (*international society rock mechanics*). Sampel yang digunakan sebanyak 14 buah.

### 2.5 Uji Kuat Tekan Uniaksial

Uji kuat tekan secara uniaksial dilakukan untuk mendapatkan kekuatan batuan menahan tekanan satu arah yang diberikan kepadanya. Pengujian ini dilengkapi dengan alat pengukur regangan aksial dan lateral. Sampel yang digunakan sebanyak 14 buah. Pengujian kuat tekan uniaksial mengacu pada standar pengujian *American Society for Testing and Materials* (ASTM, 2002).

## 2.6 Analisis Hasil

Penentuan derajat pelapukan batuan ditentukan dari hasil pengamatan di lapangan dan analisis petrografi. Berdasarkan perbedaan derajat pelapukan batuan yang diperoleh selanjutnya dilakukan pengujian dan analisis kekuatan batuan menggunakan *Schmidt Hammer* dan UCS.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Pengamatan Lapangan Pelapukan Batuan

Batuan Basal di lokasi penelitian terletak di Desa Mamampang Kecamatan Tombolo Pao termasuk dalam Formasi Batuan Gunungapi Baturape Cindako (Sukanto, 1982) dijumpai dalam kondisi lapuk ringan hingga lapuk sempurna (Gambar 1). Pengamatan lapangan mengidentifikasi perkembangan derajat pelapukan batuan dari perubahan warna (*discoloration*) pada material batuan dan bidang diskontinuitas, perkembangan diskontinuitas pada batuan, kekerasan dan perbandingan antara material batuan dan tanah pada derajat pelapukan tersebut. Penentuan derajat pelapukan mengacu pada standar yang diberikan oleh Anon, 1995. Perkembangan derajat pelapukan dari lapuk ringan hingga lapuk sempurna dapat diamati pada lereng tambang. Lereng ini dapat diamati penampakan perkembangan pelapukan dari derajat pelapukan II hingga V yang cukup representatif.



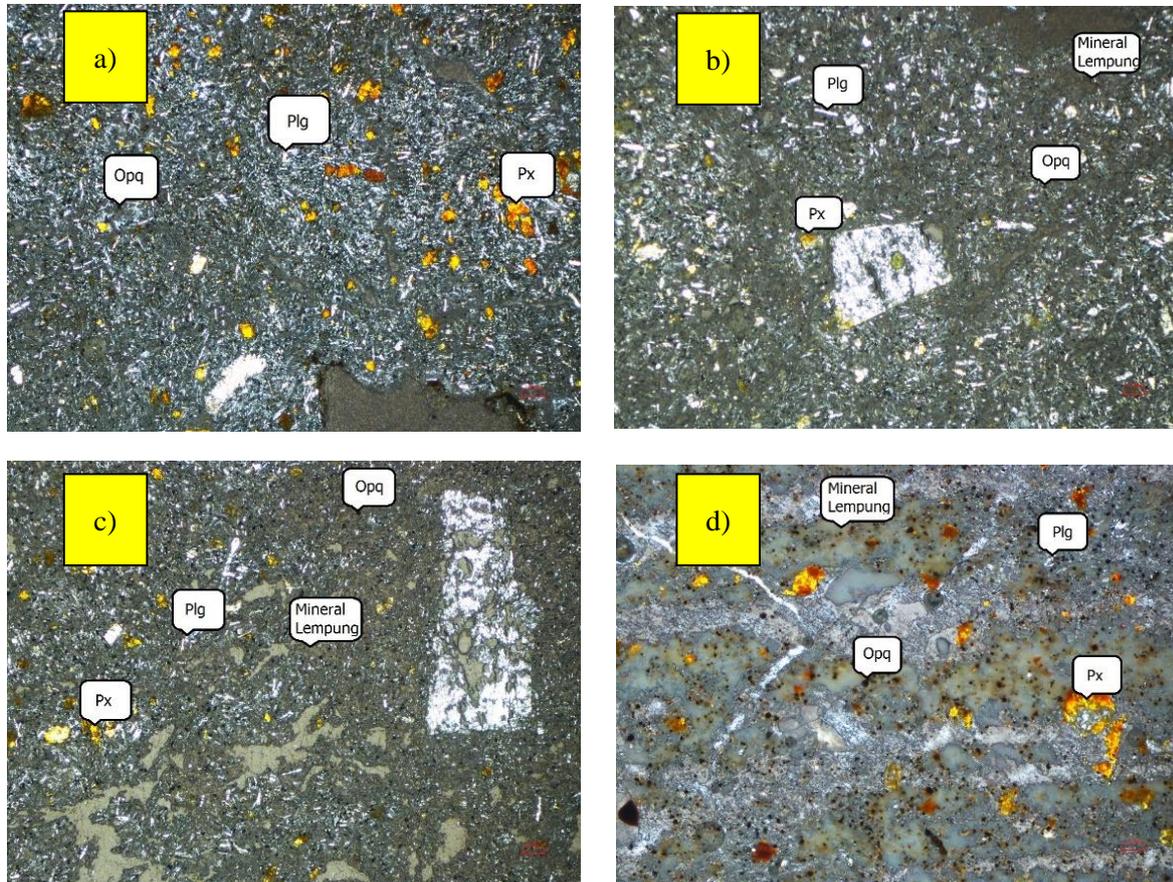
**Gambar 1.** Profil singkapan basal di daerah penelitian

### 3.2 Pengamatan Petrografis Pelapukan Batuan

Pengamatan petrografis dilakukan untuk mengetahui jenis batuan dan kondisi pelapukan batuan secara mikroskopis. Analisis pelapukan didasarkan pada komposisi mineral lempung yang merupakan hasil pelapukan.

Berdasarkan pengamatan petrografis pada contoh batuan yang paling segar, diperoleh komposisi mineral yang terdiri dari mineral plagioklas berupa mikrokristalin sebesar 45%, piroksin 15%, massa dasar 35% dan mineral opak 5%. Berdasarkan komposisi mineral penyusun, batuan ini

merupakan batuan beku basalt. Selain digunakan untuk menentukan penamaan batuan, komposisi mineral penyusun batuan tersebut juga digunakan untuk menentukan tingkat pelapukan batuan. Kehadiran mineral lempung pada contoh batuan di atas masih belum terlihat yang mengindikasikan bahwa batuan ini masih cukup segar dan dapat diklasifikasikan ke dalam tingkat pelapukan II. Hasil pengamatan petrografis contoh sayatan tipis batuan dapat dilihat pada Gambar 2 dan komposisi mineral penyusun dan penentuan tingkat pelapukan batuan dapat dilihat pada Tabel 1.



**Gambar 2.** Sayatan tipis a) Derajat Pelapukan II b) Derajat Pelapukan III c) Derajat Pelapukan IV d) Derajat Pelapukan V

**Tabel 1.** Derajat pelapukan batuan berdasarkan pengamatan petrografis

Sampel	Derajat Pelapukan	Persentase mineral (%)				
		Plagioklas	Piroksin	Mineral lempung	Opak	Massa dasar
AM_04	II	45	15	-	5	35
AM_03	III	37	15	5	3	35
AM_02	IV	32	13	20	5	30
AM_01	V	12	10	60	5	13

### 3.3 Hasil UCS dan Schmidt Hammer

Hasil uji kekuatan batuan dengan *Uniaxial Compressive Strength* (UCS) dan *Schmidt hammer* pada setiap sampel batuan beku basal diperlihatkan pada Tabel 2. Nilai kekuatan batuan

berdasarkan UCS pada kondisi pelapukan tingkat II berkisar antara 47,36 – 82,00 MPa dan mengalami penurunan hingga mencapai 1,07 – 2,35 MPa pada derajat pelapukan V.

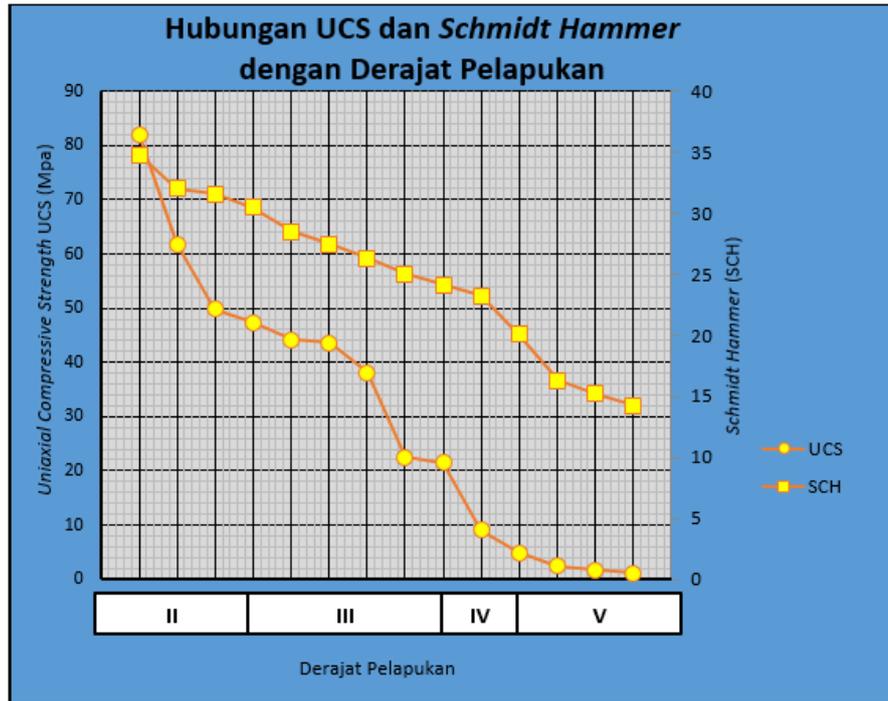
Hasil pengujian *Schmidt hammer* pada tabel 2 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai pantul pada setiap derajat pelapukan batuan. Nilai pantulan *Schmidt hammer* dan UCS secara umum menunjukkan kecenderungan penurunan seiring derajat pelapukan yang semakin tinggi, yaitu dari 30,475 – 34,8 pada pelapukan II hingga 14,22 – 16,3 pada derajat pelapukan V.

**Tabel 2.** Hasil pengujian nilai *Schmidt hammer* dan UCS pada batuan basal.

Sampel	Derajat Pelapukan	UCS (Mpa)	<i>Schmidt Hammer</i>
AM_1.1	V	1,07	14,22
AM_1.2	V	1,74	15,2
AM_1.3	V	2,35	16,3
AM_2.1	IV	4,86	23,225
AM_2.2	IV	9,04	20,075
AM_3.1	III	43,54	27,45
AM_3.2	III	38,05	26,3
AM_3.3	III	22,54	25
AM_3.4	III	21,49	24,15
AM_3.5	III	44,12	28,5
AM_4.1	II	82,00	34,8
AM_4.2	II	47,36	30,475
AM_4.3	II	61,75	32
AM_4.4	II	49,83	31.2

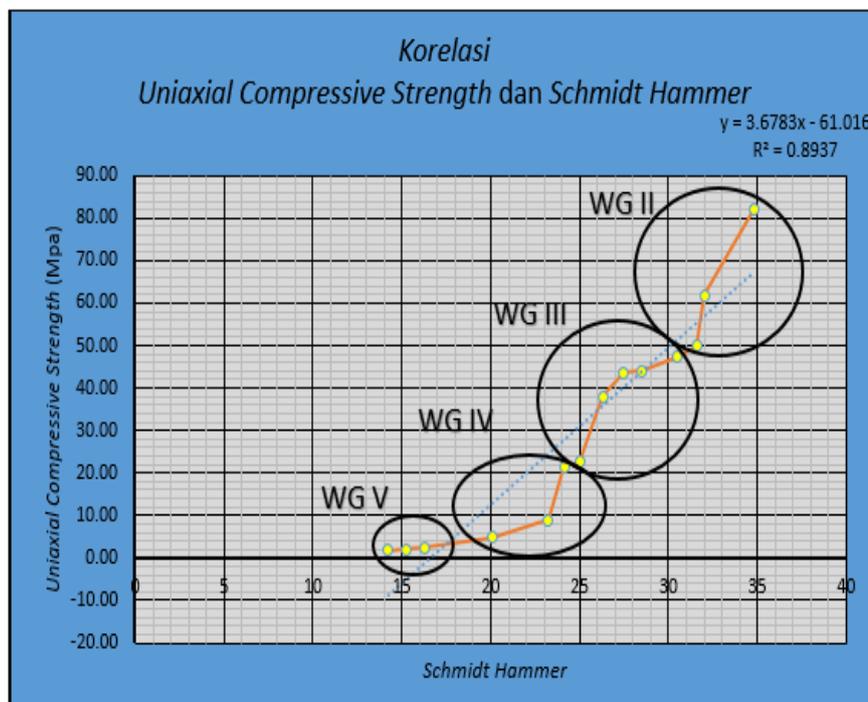
### 3.4 Analisis Pengaruh Pelapukan Terhadap Kekuatan Batuan

Penentuan kekuatan batuan pada penelitian ini ditentukan menggunakan Uji UCS dan *Schmidt Hammer*. Berdasarkan hasil pengujian, memperlihatkan nilai kuat tekan uniaxial batuan dan *Schmidt hammer* sangat dipengaruhi oleh derajat pelapukan. Grafik di bawah menunjukkan hubungan antara ketiga komponen tersebut, yaitu UCS, *Schmidt hammer*, dan derajat pelapukan. Nilai *Uniaxial Compressive Strength* dan *Schmidt hammer* berbanding terbalik dengan tingginya tingkat pelapukan dan memiliki hubungan korelasi yang negatif.



**Gambar 3.** Hubungan antara UCS, *Schmidt hammer* dan derajat pelapukan

Grafik pada gambar 4 menunjukkan korelasi antara UCS dan *Schmidt hammer* ditinjau dari pengaruh derajat pelapukan. Korelasi ini akan menghasilkan suatu model atau persamaan yang digunakan untuk mengorelasikan antara kedua metode atau alat dalam penentuan kuat tekan batuan. Tingkat akurasi dari korelasi antara kedua metode ditunjukkan pada nilai regresi atau  $R^2$  dari model atau persamaan yang dibuat.



**Gambar 4.** Korelasi antara nilai *Schmidt hammer* dan UCS berdasarkan derajat pelapukan

Grafik di atas memperlihatkan ada korelasi yang kuat dengan keandalan yang tinggi antara *Schmidt hammer* dan UCS. Korelasi di atas menunjukkan korelasi yang kuat dilihat dari nilai regresi koefisien korelasi atau  $R^2$  sebesar 0,89. Pengusulan korelasi yang baru ditunjukkan pada persamaan di bawah ini:

$$UCS = 3,67836SCH - 61,016 \quad (1)$$

#### 4. KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil pengamatan lapangan, analisis Petrografi dan analisis XRD yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa di daerah penelitian ditemukan 4 jenis derajat pelapukan yaitu: WG II, WG III, WG IV, dan WG V.
2. Pengujian kuat tekan uniaksial sampel batuan menggunakan UCS didapatkan nilai kuat tekan batuan berkisar antara 1,02 – 81,99 Mpa mulai dari yang paling lapuk hingga yang segar dan nilai pantul *Schmidt Hammer* didapatkan yaitu berkisar antara 14,22 – 34,8. Perbedaan nilai UCS dan *Schmidt hammer* yang didapatkan disebabkan oleh pengaruh derajat pelapukan pada batuan tersebut.
3. Model atau persamaan baru yang diperoleh dari hasil korelasi antara kuat tekan batuan menggunakan UCS dan *Schmidt hammer* yaitu  $UCS = 3,6783SCH - 61,016$  dengan nilai  $R^2 = 0,8937$ . Penelitian terbaru ini hadir untuk menyarankan menggunakan persamaan di atas untuk memudahkan dalam mengestimasi nilai kuat tekan uniaksial batuan dari nilai pantul *Schmidt hammer* yang didapatkan dengan syarat pada formasi batuan Basal dan memiliki karakteristik geologi yang sama.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Pada Masyarakat (DRPM) Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia atas Hibah Penelitian Fundamental yang diberikan kepada peneliti. Peneliti juga mengucapkan terimakasih kepada LP2M dan Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin atas segala bantuan dalam kegiatan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aggitalis, G., Alivizatos, A., Stamoulis, D., and Stournaras, G., 1996, Correlating uniaxial compressive strength with Schmidt hammer rebound number, point load index, Young's modulus, and mineralogy of gabbros and basalts (Northern Greece). *Bull Eng. Geol.*, 54: 3–11.
- American Society for Testing and Materials, 2011. *Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass*<sup>1</sup>. D2216 – 10, pp. 1-7.
- American Society for Testing and Materials (ASTM) D 2938-95, 2002, *Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens*, pp.1-3, US.
- Anon, 1995, *The Description and Classification of Weathered Rocks for Engineering Purposes.*, G.J Engineering Geol 28:207-242.
- Brencich, A., Cassini, G., Pera D., and Riotto G., 2013, Calibration and Reliability of the Rebound (Schmidt) Hammer Test, *Civil Engineering and Architecture* 1(3): 66-78.
- Deere, D.U., and Miller, R.P., 1966, Engineering classification and index properties for intact rocks. Tech Rep Air Force Weapons Lab, New Mexico, no AFNL-TR, 65–116.
- Fener, M., Kahraman, S., Bilgil, A., and Gunaydin, O., 2005, A comparative evaluation of indirect methods to estimate the compressive strength of rocks. *Rock Mech. Rock Eng.*, 38(4): 329–343.
- ISRM, 1981, Rock characterization testing and monitoring ISRM suggested methods, suggested methods for determining hardness and abrasiveness of rocks, Part 3,101–3.



- Kılıc, A., and Teymen, A., 2008, Determination of mechanical properties of rocks using simple methods. *Bull Eng. Geol. Environ.*, 67: 237–244.
- Ollier, C.D., 1984, *Geomorphology texts*, 2<sup>nd</sup> edn., Oliver and Boyd, Edinburgh.
- Rai, M.A., Kramadibrata, S., Wattimena, R.K., 2014. *Mekanika Batuan*, Laboratorium Geomekanika dan peralatan tambang, ITB, Bandung.
- Schmidt E., 1951, *Quality Control of Concrete by Rebound Hammer Testing*, *Schweiz Arch angew Wiss Tech*; 17 (May 1951): 139–143.
- Selby., M.J., 1993, *Hillslope Materials and Processes*, 2<sup>nd</sup> edn., Oxford University Press, Oxford
- Sukanto R. dan Sam S., 1982. *Geologi Lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Torabi, S.R. Ataei, M., and Javanshir, M., 2010, Application of Schmidt rebound number for estimating rock strength under specific geological conditions, *Journal of Mining & Environment*, Vol.1, No.2, 2010, 1-8.
- Undul O. dan Tugrul A., 2012. *The Influence of Weathering on the Engineering Properties of Dunites*, *Rock Mech Rock Engng*, Volume 45, hal. 225–239.