



## PENGARUH DERAJAT PELAPUKAN BATUAN TERHADAP NILAI PANTULAN PALU SCHMIDT DAN KUAT TEKAN UNIAXIAL PADA BATUAN

ULFI MUHADI, IMAM A. SADISUN\*, INDRA A. DINATA

Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung (ITB),  
Jl. Ganesha No.10, Bandung, Jawa Barat, Indonesia.

\*Email: [iasadisun@itb.ac.id](mailto:iasadisun@itb.ac.id)

**Sari** – Pelapukan batuan merupakan sebuah perubahan pada batuan yang terjadi di permukaan bumi yang disebabkan oleh faktor fisik, kimia dan biologis. Hasil pelapukan ini dapat merubah kekuatan batuan >50% dari kekuatan asalnya, dan pelapukan batuan pada tingkat tertinggi dapat merubah batuan menjadi tanah. Penelitian dilaksanakan di Bendungan Bawah Cisokan dan dilakukan pada tepi jalan akses dengan total 12 area observasi. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan Palu Schmidt pada masing-masing stasiun pengamatan dengan total 60 data. Litologi yang terdapat di stasiun pengamatan adalah breksi. Data dianalisis dengan menggunakan pengolahan aritmatika dan data diolah dalam bentuk grafis untuk menunjukkan perubahan pola grafik. Penelitian ini membahas tentang faktor yang dapat mempengaruhi perubahan nilai pantulan Palu Schmidt/*Schmidt Hammer Rebound Value* (SHV) dan kuat tekan uniaksial/*Uniaxial Compressive Strength* (UCS) berdasarkan perbedaan tingkat pelapukan batuan. Tingkat pelapukan batuan dibagi menjadi 4 tingkat yaitu segar (I), lapuk ringan (II), lapuk sedang (III), dan lapuk kuat (IV). Observasi lapangan menunjukkan tingkat pelapukan memiliki perubahan pada warna, vegetasi, warna material pengisi, UCS dan SHV. Nilai UCS pada pelapukan I-II mengalami penurunan hingga 45%, pada pelapukan II-III mengalami perubahan sebanyak 18%, dan pada tingkat pelapukan III-IV menunjukkan perubahan mencapai 34% dari UCS.

**Kata kunci:** Cisokan, Pelapukan, Pantulan Palu Schmidt, UCS, Breksi

**Abstract** - *Weathering is the change in rock that occurs on the earth's surface due to physical, chemical, and biological factors. As a result of extreme weathering, rocks can become soil and lose more than 50% of their strength. This research, 12 observation stations were used along the edge of the access road at Lower Dam Cisokan for 60 data points to be collected per observation station using Hammer Schmidt. The lithology at the observation station is breccia. The data were analyzed using arithmetic and processed in graphical form to show changes in graphic patterns. This study discusses changes in factors that can affect changes in Schmidt Hammer Rebound Value (SHV) and Uniaxial Compressive Strength (UCS) values based on differences in rock weathering levels. According to differences in rock weathering, Schmidt Hammer Rebound Value (SHV) and Uniaxial Compressive Strength (UCS) can change depending on various factors. Weathering was divided into four levels, namely fresh (I), slightly weathered (II), moderately weathered (III), and highly weathered (IV). Based on the field observations, the level of weathering affected color, vegetation, fill material color, UCS, and SHV. Weathering I-II resulted in a reduction of up to 45% of UCS values, weathering II-III resulted in a change of 18%, and weathering III-IV resulted in a change of 34%.*

**Key words:** Cisokan, Weathering, Schmidt Hammers Rebound, SHV, UCS, Breccia

### 1. PENDAHULUAN

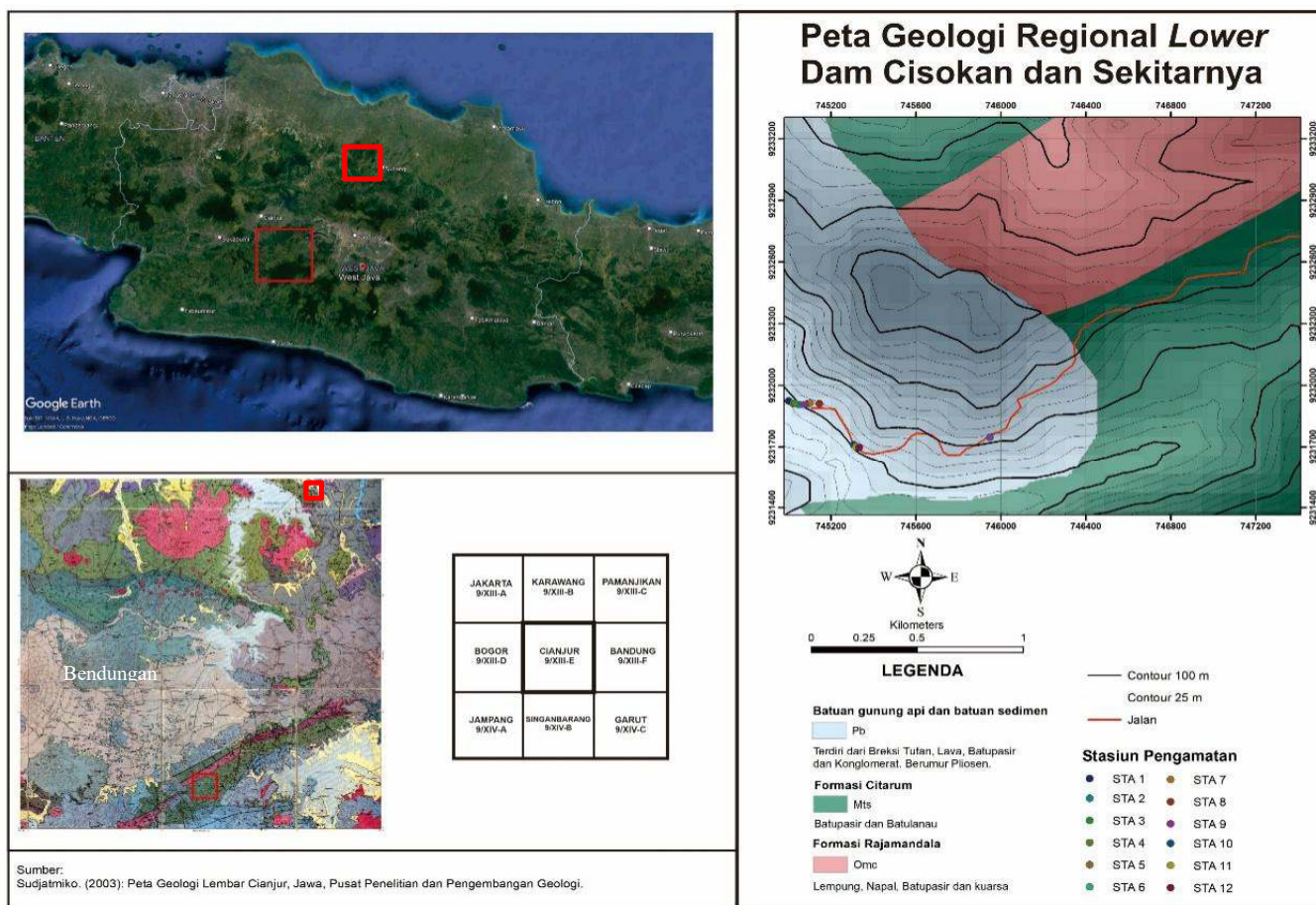
Salah satu pendekatan yang digunakan untuk mempelajari sifat rekayasa batuan adalah dengan menggunakan klasifikasi massa batuan. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk memahami pengaruh pelapukan batuan terhadap kekuatan batuan. Penelitian dilakukan dengan menggunakan Pantulan Palu Schmidt/ *Schmidt Hammer Rebound Value* (SHV) dan pengambilan sampel di lapangan. Analisis dilaksanakan dengan mengkonversi SHV menjadi nilai UCS untuk mendapatkan gambaran

persebaran data UCS terhadap derajat pelapukan. Berbagai penelitian terdahulu telah dilakukan untuk meneliti efek pengaruh pelapukan batuan terhadap sifat fisik dan mekanik batuan, seperti:

- ISRM (1978) dan ASTM (2001) merekomendasikan rentang UCS yang lebih sempit secara signifikan (1-100 MPa).
- Basu dan Aydin (2005) melakukan eksperimen untuk memverifikasi penerapan SHV pada granit dengan berbagai jenis derajat pelapukan.

Berdasarkan Peta Geologi Regional Lembar Cianjur. (Sudjadmiko, 2003) menunjukkan bahwa lokasi penelitian terletak pada batuan gunungapi dan sedimen yang terdiri dari anggota breksi bersifat andesit, basal, lava, batupasir tuff dan konglomerat.

Membentuk punggung-punggung tak teratur, puncak-puncak tersendiri curam. Di beberapa tempat, breksi gunungapi dengan hornblenda yang melimpah



Gambar 1. Peta geologi regional daerah penelitian dan titik stasiun pengamatan (Sudjadmiko, 2003).

## 2. DATA DAN METODOLOGI

Data yang digunakan pada penelitian ini didasarkan pada data-data uji nilai kekerasan Palu Schmidt/Schmidt Hammer Rebound Value (SHV) dan kuat tekan uniaksial/ Uniaksial Compressive Strength (UCS). Semua data didapatkan berdasarkan dari data lapangan yang dihitung dan dianalisis menggunakan metode aritmatika.

Pendekatan yang dilakukan berdasarkan pada Deere dan Miller (1966) dalam Aydin dan Basu (2005) dengan mengkonversikan SHV menggunakan rumus:

$$UCS = 9.97 \times e^{(0,02 \times RL \times \rho)}$$

Ket:

RL : Schmidt Hammer L  
 ρ : Densitas Batuan (Kg/m<sup>3</sup>)

Nilai densitas didapatkan dengan menggunakan pengujian pada sampel di setiap stasiun pengamatan. Pada setiap stasiun pengamatan diambil 1 sampel batuan. Hasil dari pengujian diambil nilai rata-rata dengan total data 3 sampel pada setiap tingkat pelapukan batuan

**Tabel 1.** Nilai rata-rata densitas Kg/m<sup>3</sup>.

Tingkat Pelapukan	Rata-rata densitas batuan (Kg/m <sup>3</sup> )
I	3.26
II	2.84
III	2.77
IV	2.52

Dari nilai densitas menunjukkan penurunan nilai seiring dengan tingkat pelapukan batuan. Nilai tertinggi dari data densitas 3.26 Kg/m<sup>3</sup> dan terendah 3.52 Kg/m<sup>3</sup>.

Dari data berikut dibentuk grafis dan dihitung persentase perubahan berdasarkan tingkat pelapukannya. Perubahan dievaluasi dari data lapangan yang ditemukan pada saat observasi lapangan.



**Gambar 2.** Foto singkapan tingkat pelapukan I Bendungan Cisokan STA 1.

Hasil observasi singkapan ini menunjukkan warna batuan abu-abu cerah dan kondisi permukaan batuan ada sedikit perubahan warna menjadi lebih gelap pada bagian rekahan batuan. Pengukuran SHV dengan nilai rata-rata 23 dan nilai rata-rata UCS bernilai hingga 49 MPa. Kondisi ini digolongkan pada tingkat pelapukan I.



**Gambar 3.** Foto singkapan tingkat pelapukan II Bendungan Cisokan STA 2.

Tingkat pelapukan II memiliki perubahan warna batuan dan material pengisi diskontinuitas batuan sehingga warna menjadi kecoklatan. Material pengisi lebih lunak dari tingkat pelapukan 1 karena material pengisi dapat digores dengan kuku. Hasil observasi menunjukkan kerusakan pada material batuan mencapai dengan estimasi 10% dari area observasi. Pengukuran SHV menunjukkan nilai rata-rata 17 sementara pengukuran UCS menunjukkan nilai rata-rata sebesar 27 MPa.



**Gambar 4.** Foto singkapan tingkat pelapukan III Bendungan Cisokan STA 4.

Tingkat pelapukan III menunjukkan perubahan kekuatan batuan yang hampir sama dengan yang terjadi pada tingkat pelapukan II. Pada observasi lapangan terlihat permukaan batuan mengalami peningkatan material lepasan akibat pelapukan, dan

pada saat pengujian material pengisi ketidakselarasan, batuan dalam kondisi sangat hancur ketika disentuh. Material hancur akibat pelapukan batuan terjadi pada kurang dari 40% dari total area observasi. Data SHV menunjukkan rata-rata 14 dan data UCS menunjukkan rata-rata sebesar 23 MPa.



**Gambar 5.** Foto singkapan tingkat pelapukan IV Bendungan Cisokan STA 3.

Tingkat pelapukan IV menunjukkan perubahan warna menjadi semakin gelap dengan struktur batuan yang terlapukkan, sehingga mempersulit dalam identifikasi dan jumlah material lepasan berserakan pada kaki lereng. Pada permukaan batuan terlihat matriks di sekitar fragmen batuan yang berwarna coklat gelap-hitam. Dari hasil observasi menunjukkan material pada permukaan sangat rapuh dengan penurunan nilai mencapai hingga 70% UCS dari pelapukan I.

**Tabel 2.** Nilai min/rata-rata/max nilai kekerasan Schmidt dan UCS.

Tingkat Pelapukan	Schmidt Hammer "min/rata-rata/max"	UCS "min/rata-rata/max" (MPa)
I	15/23/31	27/49/74
II	15/17/23	21/27/37
III	5/14/23	13/23/35
IV	2/7/18	11/14/ 24

Ket:

Nilai data mean, min dan max memiliki 180 data pada setiap pelapukan.

Berdasarkan tabel 2 terlihat perubahan UCS pada

batuan dari tingkat pelapukan I-IV. Pada tingkat pelapukan I memiliki kekuatan 49 MPa dan SHV 23 yang merupakan kekuatan batuan sebelum mengalami pelapukan. Tingkat pelapukan batuan II memiliki kekuatan 27 MPa dan SHV 17 sebagai akibat dari perubahan yang signifikan pada tingkat pelapukan I. Tingkat pelapukan II menunjukkan nilai 23 MPa dan SHV 14 dengan perubahan kekuatan yang tidak signifikan dari pelapukan II. Sementara tingkat pelapukan IV menunjukkan perubahan yang jauh dari tingkat pelapukan III yaitu 14 MPa dan SHV 7.

**Tabel 3.** Persentase penurunan nilai SHV dan nilai UCS.

Penurunan Tingkat Pelapukan	Penurunan SHV (%)	Penurunan UCS (%)
I-II	25	45
II-III	22	18
I-III	41	53
III-IV	48	34
I-IV	69	70

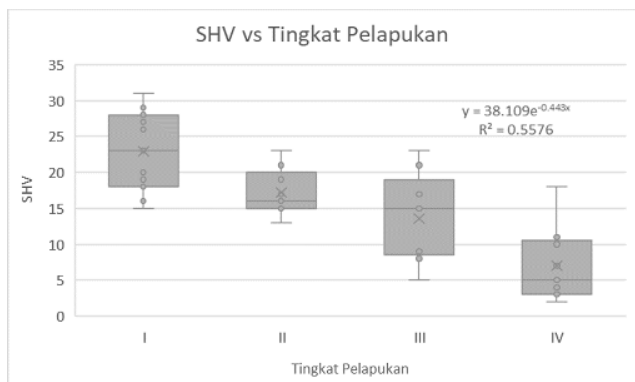
Ket:

Masing-masing tingkat pelapukan memiliki 360 data sampel pada setiap perubahan pelapukan.

Pada tabel 3 menunjukkan penurunan hingga 70% (tingkat pelapukan I dengan nilai 49 MPa dan tingkat pelapukan IV 14 MPa) dari nilai UCS dengan nilai dan 69% (pada tingkat pelapukan I 23 dan pada tingkat pelapukan IV 7) dari nilai SHV pada tingkat pelapukan I. Tingkat pelapukan I-II menunjukkan penurunan hingga 25% SHV (tingkat pelapukan I 23 dan pada tingkat pelapukan II 17) dan 45% (tingkat pelapukan I 49 MPa dan tingkat pelapukan II 27 MPa) UCS. Tingkat pelapukan II-III menunjukkan penurunan hingga 22% (tingkat pelapukan III 14) SHV dan 18% (tingkat pelapukan III 23 MPa) UCS. Dari kedua tingkat pelapukan ini terlihat perubahan nilai terjadi secara *linear*. Tingkat pelapukan III-IV mengalami penurunan yang drastis pada SHV hingga mencapai 48% (tingkat pelapukan IV dengan nilai SHV 7 dan nilai UCS 14 MPa) dari tingkat pelapukan I-II dan II-III.

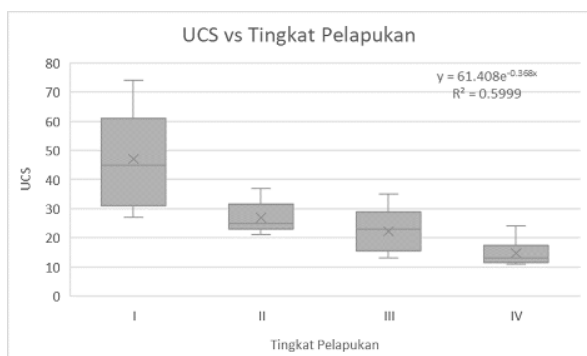
### 3. HASIL

Dari data yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2 terdapat perubahan nilai yang dapat digambarkan dengan grafik di bawah.



**Gambar 6.** Grafik SHV vs tingkat pelapukan batuan.

Gambar 6 arah grafik menunjukkan penurunan kekuatan batuan secara drastis melebihi 50% dari total kekuatan awal batuan. Pelapukan batuan I-IV menunjukkan penurunan yang relatif *linear* dengan nilai koefisien regresi ( $R^2$ ) 0.56.



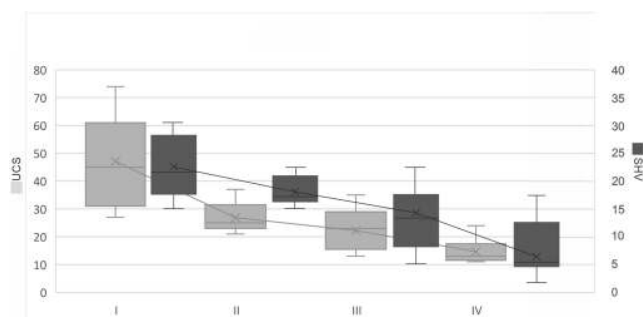
**Gambar 7.** Diagram UCS vs tingkat pelapukan batuan.

Gambar 7 UCS menunjukkan perubahan arah grafik ke bawah dengan koefisien regresi ( $R^2$ ) 0.6. Pada tingkat pelapukan I menunjukkan rentang UCS dengan nilai 74-27 MPa. Tingkat pelapukan II menunjukkan rentang yang rendah dan nilai kekuatan batuan yang juga lebih rendah dari tingkat pelapukan I dengan nilai 37-21 MPa. Tingkat pelapukan III menunjukkan rentang dengan nilai 35-13 MPa, hal ini karena pada tingkat pelapukan ini terdapat banyak material lepasan dan pada batuan terdapat vegetasi dalam jumlah banyak. Tingkat pelapukan IV menunjukkan rentang nilai data yang kecil yaitu 24-11 MPa. Perubahan ini dikarenakan batuan sudah mengalami pelapukan sehingga kekuatan batuan menjadi lemah.

#### 4. PEMBAHASAN

Tingkat pelapukan batuan menjadi salah satu faktor yang menyebabkan terjadinya perubahan pada SHV dan UCS. Analisis grafik SHV dan UCS menunjukkan perubahan pada nilai koefisien regresi ( $R^2$ ) SHV lebih tinggi dari UCS.

Berbagai faktor dapat dihubungkan dengan penurunan nilai arah grafik seperti kondisi air tanah, iklim, biologi, waktu, dan jenis batuan. Daerah penelitian berada di pegunungan dengan intensitas hujan tinggi sehingga pelapukan yang terjadi diakibatkan oleh iklim dan curah hujan yang tinggi.



**Gambar 8.** Grafik whisker plot UCS dan SHV.

Grafik UCS dan SHV menunjukkan perubahan nilai yang selaras namun pada tingkat pelapukan II terlihat perbedaan pada posisi dari whisker plot. Berdasarkan pada Deere dan Miller (1966) dalam Aydin dan Basu (2005) nilai UCS dapat dipengaruhi oleh nilai densitas batuan dan SHV.

Tingkat pelapukan I-II menunjukkan perubahan kondisi fisik, seperti warna dan kekerasan. Penurunan ini dapat terjadi hingga 45% pada UCS dan 25% pada SHV. Hal ini diakibatkan oleh perbedaan nilai densitas batuan sebesar 0.46 kg/m<sup>3</sup> dan pada saat pengambilan SHV tingkat pelapukan I ditemukan beberapa kendala dalam pemakaian Palu Schmidt sehingga menjadi mengurangi akurasi berdasarkan pada pengalaman pemakaian pengguna. Penurunan pelapukan II-III mengalami perubahan UCS 22% dan SHV 18%. Perubahan ini diikuti dengan material pengisi dari ketidakselarasan berupa warna yang berubah jadi kecoklatan dan material pengisi yang lebih lunak dari pelapukan II. Perubahan densitas pada tingkat pelapukan ini

mengalami perbedaan yang tidak terlalu signifikan dan kerusakan yang terjadi hanya sedikit akibat dari pelapukan sehingga rentang nilai pada saat pengambilan data rendah. Pelapukan III-IV menunjukkan kehancuran lebih dari 50% dibandingkan dengan kondisi batuan awal dan perubahan warna menjadi abu-abu gelap. Perubahan SHV sebesar 48% dan UCS 70%. Penurunan nilai densitas dan kondisi batuan sangat tinggi sehingga terjadi penurunan kekuatan batuan secara signifikan. Salah satu faktor utama yang menyebabkan perubahan drastis pada SHV adalah ketika pengambilan data dilakukan pada material yang lunak dan adanya kerusakan pada batuan hal ini berbanding lurus dengan tingkat pelapukan batuan.

## 5. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran hubungan antara SHV dan UCS terhadap tingkat pelapukan batuan. Pengujian dilakukan pada 12 stasiun pengamatan dengan 4 tingkat pelapukan yang berbeda. Berdasarkan hasil analisis aritmatika menunjukkan nilai koefisien regresi ( $R^2$ ) SHV dan UCS ( $\geq 0.6$ ). Penurunan dari SHV dan UCS mencapai 70% dari nilai awal batuan. Pengambilan data menggunakan Palu Schmidt bergantung pada pengalaman dari pengguna.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis berterimakasih kepada PLTA Cisokan untuk kesempatan pengambilan data.

## REFERENSI

- Aydin, A., dan Basu, A. (2005): The Palu Schmidt in rock material characterization, Department of Earth Sciences, The University of Hong Kong, Pokfulam Rd, Hong Kong, China, *Engineering Geology*, **81**, 1 – 14.
- Hack, H.R, dan Verwaal, W. (1993): Determination of discontinuity wall strength by Equotip and ball rebound tests, *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech*, **30**, 151-155.
- Hack, R, dan Price, D. (1997): Quantification of Weathering, *Proceeding Engineering geology and the environment*, Athens, Balkema, Rotterdam, 145-150.
- Hack, R., dan Huisman, M. (2002): Estimating the Intact Rock Strength by Simple Means, *Engineering Geology for Developing Countries, Proceedings of 9th Congress of the International Association for Engineering Geology and the Environment*, Durban, South Africa, Kanaalweg, **3**, 2628.
- Hoek, E. (2007): Practical Rock Engineering, *Rocksience*, **3**, 52-74.
- ISRM. (1978): Suggested methods for determining hardness and abrasiveness of rocks, *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech*, **15**, 319 – 368.
- Brosens, L., Robinet, J., Pelcmans, I., Marino, Y, M., Govers, G., Opfergelt, S., Minella, J. P. G., dan Vanderborght, J. (2021): Have land use and land cover change affected soil thickness and weathering degree in a subtropical region in Southern Brazil? Insights from applied mid-infrared spectroscopy, *Catena*, **207**, 105698.
- Martin, R. P., dan Hencer, S., R. (1986): Principles for description and classification of weathered rock for engineering purposes, Geological Society Engineering Geology Publication, Proceedings of 20th Regional Meeting Engineering Group, Guildford. London. *The Geological Society dalam The British Standards Institution* (2015): Code of practice for ground investigations, *BSI standart publication*, BS 5930.
- Nurjamil, A., Sadisun, A., dan Bandono (2005): Pengaruh Derajat Pelapukan Terhadap Potensi Mengembang Batulempung Formasi Subang, *Proceeding Joint Convention Surabaya HAGI-IAGI-PERHAPI Annual Conference and Exhibition*.
- Sadisun, I.A., dan Bandono. (1998): Pengenalan derajat pelapukan batuan guna menunjang pelaksanaan berbagai pekerjaan sipil dalam Setiadji, P., dan Sadisun, I., S. (2006): Pengamatan dan Pengujian Lapangan dalam Karakterisasi Pelapukan Andesit di Purwakwarkarta, *Jurnal Geoaplika*, **1**, 3-13.
- Setiadji, P., dan Sadisun, I.S. (2006): Pengamatan dan Pengujian Lapangan dalam

- Karakterisasi Pelapukan Andesit di Purwakarkarta, *Jurnal Geoaplika*, **1**, 3-13.
- Sudjatmiko. (2003): Peta Geologi Lembar Cianjut, Jawa, Pusat Penelitian dan Oengembangan Geologi.
- Ohta, T., dan Arai, H. (2007): Statistical empirical index of chemical weathering in igneous rocks. A new tool for evaluating the degree of weathering, *Chemical Geology*, **240**, 280–297.
- Bemmelen, R.W.V. (1949): The Geology of Indonesia Vol. 1A., Government Printing Office, Amsterdam.
- Villeneuve, M.C., Heap, M.J., Kushnir, A.R.L., Qin, T., Baud, P., Zhou, G., dan Xu, T. (2018): Estimating in situ rock mass strength and elastic modulus of granite from the Soultz sous Forêts geothermal reservoir (France), Villeneuve et al. *Geotherm Energy*, **6**, 11.
- Zhao, J., Broms, B.B., Zhou, Y., dan Choa, V. (1994): A study of the weathering of the Bukit Timah Granit; Part A. review, field observations and geophysical survey. *Bull. Int. Assoc. Eng. Geol.*, **49**, 97-106 dalam Setiadji, P., dan Sadisun, I., S. (2006): Pengamatan dan Pengujian Lapangan dalam Karakterisasi Pelapukan Andesit di Purwakarta, *Jurnal Geoaplika*, 3-13.