



## Durabilitas Clay Shale Hambalang Lapuk Distabilisasi dengan Semen Portland dan Energi Pemadatan Berlebih

Ega Yogaswara\*<sup>1</sup>, Idrus M. Alatas<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Pascasarjana, Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jalan Moch. Kahfi II, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640, Indonesia  
e-mail: \*<sup>1</sup>ega\_yogaswara@gmail.com, <sup>2</sup>hb\_idrus@yahoo.com

---

### Abstract

Sifat mekanik Clay Shale sangat unik. Ketika kering akan menyusut dan mengeras, tetapi ketika menyerap air, itu membengkak dan sampai batas tertentu kehilangan kekuatan gesernya sehingga kekuatan jatuh dapat terjadi secara tiba-tiba bahkan dengan beratnya sendiri. Karena sifat swell-shrink yang sangat dipengaruhi oleh iklim dan cuaca, daya tahan clay shale dapat menurun seiring waktu ketika bersentuhan langsung dengan udara dan air. Penelitian clay shale dilakukan di Hambalang, Bogor - Jawa Barat, Indonesia pada formasi Jatiluhur, menggunakan stabilisasi lapuk distabilisasi dengan semen portland dan energi pemadatan berlebih. dengan slaking dinamis (uji durabilitas slake). Uji slacking dinamis dilakukan sebanyak tiga kali yaitu setelah sampling dilakukan pemadatan 10, 20, dan 30 blow/layer. Dengan indeks plastisitas rendah, penelitian durabilitas di Hambalang berada dalam klasifikasi durabilitas sedang hingga durabilitas sedang-tinggi. Kemudian dilakukan pengujian terhadap energi pemadatan berlebih terhadap variasi stabilisasi semen portland dengan meningkatkan tambahan pressure. Untuk mengetahui pengaruh stabilisasi semen portland dengan komposisi 5%, 10% dan 15% terhadap clay shale, memperlihatkan peningkatan slake durability indeks, dengan nilai tertinggi pada campuran 10% PC. Pada sampel dengan tambahan 15% PC dan dengan energi 30 blow + pressure menunjukkan Nilai Slake Durability Indeks yang paling tinggi yaitu sebesar 93,52%. Walaupun demikian, perilaku tersebut tidak dapat kembali seperti kondisi asli clay shale (fresh clay shale).

**Kata kunci:** Clay shale, durabilitas, Slaking index, semen portland

### Abstrak

*The mechanical properties of clay shale are very unique. When dry it will shrink and harden, but when it absorbs water, it swells and to some extent loses its shear strength so that falling forces can occur suddenly even with its own weight. Due to its swell-shrink nature which is strongly influenced by climate and weather, the durability of clay shale can decrease over time when it comes into direct contact with air and water. Clay shale research was carried out in Hambalang, Bogor - West Java, Indonesia in the Jatiluhur formation, using weather stabilization stabilized with portland cement and excess compaction energy. with dynamic slaking (slake durability test). The dynamic slacking test was carried out three times, namely after sampling, 10, 20, and 30 blows/layer compaction were performed. With a low plasticity index, the durability research in Hambalang is classified as moderate to medium-high durability. Then, a test of excess compaction energy was carried out on variations in the stabilization of portland cement by increasing additional pressure. To determine the effect of the stabilization of portland cement with a composition of 5%, 10%, and 15% on clay shale, it showed an increase in the slake durability index, with the highest value in a mixture of 10% PC. The sample with an additional 15% PC and with an energy of 30 blow + pressure shows the highest Slake Durability Index value of 93.52%. However, this behavior cannot return to the original condition of clay shale (fresh clay shale).*

**Keywords:** Clay shale, durability, Slaking index, portland cement

## 1. Pendahuluan

Hambalang merupakan kawasan yang terletak di sebelah timur kota Bogor Jawa Barat Indonesia dan saat ini sedang mengalami pembangunan dan banyak melakukan pembangunan seperti pembangunan fasilitas bisnis, rumah sakit, tempat wisata dan perumahan. Hal ini menyebabkan banyak lahan alam yang harus diekspos. Letak Hambalang yang berada di Formasi Jati luhur, menunjukkan bahwa lokasi batuan didominasi oleh clay shale (Revia, 2018).

Clay shale umumnya berada pada zona tak jenuh air karena pengaruh kapilaritas lebih besar peranannya di daerah tersebut dan bergantung pada letak muka airtanah, serta perilaku shale termasuk sebagai material transisi tanah dan batuan (Deen, 1981). Efek kapilaritas sangat berpengaruh terhadap kekuatan clay shale. Gaya kapilaritas timbul dari gaya negatif yang timbul dan mampu menghancurkan clay shale jika ikatan clay shale tidak mencukupi. Karena degradasi tersebut, clay shale dapat mengalami penurunan ketinggian yang disebut slaking, jika material berada di tempat terbuka setelah kontak dengan udara dan air.

Sifat mekanik Clay Shale unik. Ketika kering, ia menyusut dan mengeras, tetapi ketika menyerap air, ia membengkak dan, sampai batas tertentu, kehilangan kekuatan gesernya sehingga kekuatan jatuh dapat terjadi secara tiba-tiba bahkan dengan beratnya sendiri. Karena sifat swell-shring yang sangat dipengaruhi oleh iklim dan cuaca, dapat mengubah shale dari batuan menjadi tanah, terutama di daerah yang muka airnya berubah drastis dan curah hujannya sangat tinggi. Oleh karena itu, Shale durability dapat dengan mudah menurun seiring waktu ketika ada kontak langsung dengan udara dan air (Alatas, 2015).

Beberapa kasus keruntuhan besar di Indonesia yang terjadi pada batuan Clay shale antara lain Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Air Tulis (1995), Gedung Atlet Hambalang (2013),

Jalan Raya Penggaron (2015), Jalan Raya Cisomang (2017). Karena daerah ini memiliki curah hujan yang cukup tinggi, tentu akan menyebabkan lapisan tanah liat bereaksi dengan air.

Untuk meningkatkan durabilitas dari shale clay, dapat dilakukan dengan menggunakan stabilisasi semen portland. Beberapa penelitian tentang metode stabilisasi ini telah dilakukan seperti Alatas dkk. (2017, 2019), Diana dkk (2019a,b) dan Redyananda dkk (2021). Peningkatan nilai durabilitas cukup signifikan dengan penambahan stabilisasi semen portland dalam porsi yang sesuai.

Oktaviani dkk. (2018) telah melakukan penelitian terhadap clay shale Formasi Jatilihur menggunakan *Slake Dynamic Test* dengan energi pemadatan *standard*. Hasil yang didapat menunjukkan, dengan pengamatan sampel pada suhu kamar tanpa kontak air dan tidak ada penambahan massa juga dilakukan. Sampel masih utuh sampai akhir pekerjaan penelitian. Uji slaking index dengan variasi submerge menunjukkan bahwa clayshale tergolong dalam sifatslaking sangat rendah sampai sedang dengan nilai indeks slaking (*I<sub>s</sub>*) sebesar 0,17% sampai 11,15%. Perubahan kelemahan sampel pada siklus I dan II lebih besar jika dibandingkan dengan siklus berikutnya yaitu penurunan slaking. Pada sampel yang dibiarkan di tempat terbuka terlihat bahwa jika salah satu faktor penyebab melemahnya clay shale berupa temperatur dan air dihilangkan maka proses pelemahan clay shale akan berjalan sangat lambat.

## 2. Metode Penelitian

Slake Durability Index pada serpihan batuan atau jenis batuan lain yang sejenis ditentukan setelah mengalami 2 kali siklus pengeringan dan pembasahan yaitu dengan pengeringan dengan oven dan 10 menit pembasahan dengan direndam air sesuai dengan standart tumbling (jatuh) dan abrasi.

Perhitungan nilai Slake Durability Index (pada siklus kedua) dapat ditentukan menggunakan perumusan sebagaimana Persamaan 1 berikut.

$$I = \left[ \frac{W_f - C}{B_{\text{dry}}} \right] \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

$I_d(2)$  = Nilai Slake Durability Index, Putaran kedua (%);  $B$  = Berat drum ditambah dengan berat kering oven sampel sebelum dilakukan putaran kedua, (gram;  $W_f$  = Berat dari drum ditambah berat kering oven sampel yang tertahan setelah putaran yang kedua, (gram); dan  $C$  = Berat dari drum, (gram).

Adapun skema penentuan sampel dengan pengujian energi pemadatan, seperti Tabel 1.

**Tabel 1.** Skema Sampel

ID sampel clayshale	Tambahan semen PC	Tipe energi pemadatan
S00-ES30	0%	30 b/l
S05-ES30	5%	30 b/l
S10-ES30	10%	30 b/l
S15-ES30	15%	30 b/l
S00-EP30	0%	30 b/l + P
S05-EP30	5%	30 b/l + P
S10-EP30	10%	30 b/l + P
S15-EP30	15%	30 b/l + P

\*) b/l = blows/layer S = standar P = pressure

Nilai indeks durabilitas ini tidak dapat dikaitkan dengan umur geologi batuan. Besar durabilitas batuan berbanding lurus dengan densitasnya dan berbanding terbalik dengan kadar air asli batuan. Gamble, 1971 (Soetojo, 2009) memberikan klasifikasi batuan dari hasil pengujian durabilitas seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

**Tabel 2** Klasifikasi Durabilitas dari Gamble

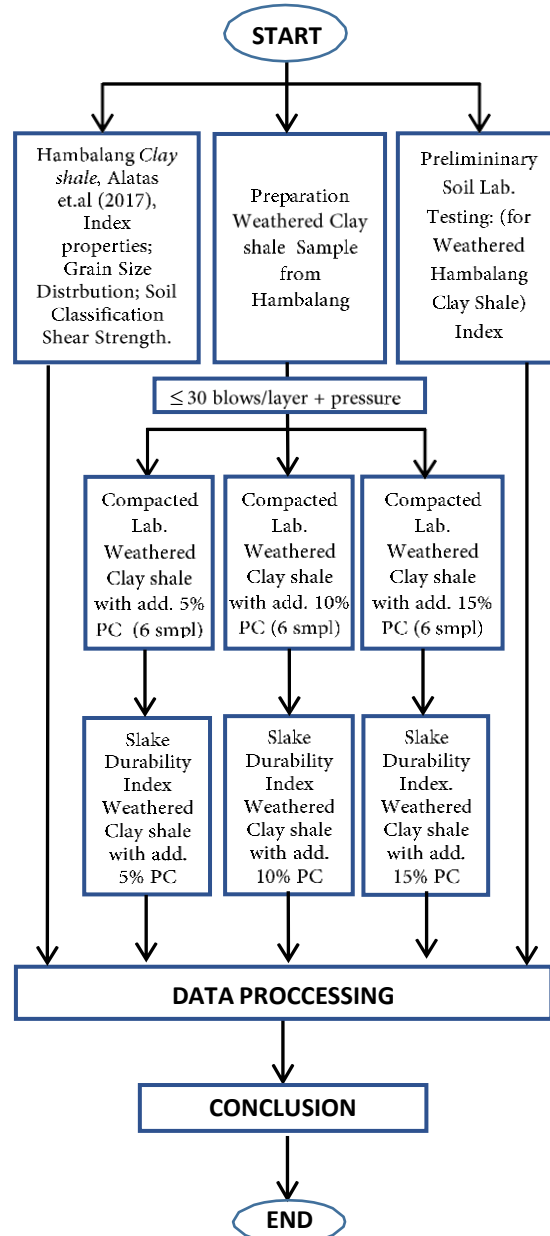
Nama Grup Batuan (durability)	% Tertinggal Stlh Putaran 1x10 Menit (dry weight)	% Tertinggal Stlh Putaran 2 x 10 Menit (dry weight)
<i>Very high</i>	> 99	> 98
<i>High</i>	98 – 99	95 – 98
<i>Medium high</i>	95 – 98	85 – 95
<i>Medium</i>	85 – 95	60 – 85
<i>Low durability</i>	60 – 85	30 – 60

*Very Low* < 60 < 30

Sumber: Soetojo, 2009

Dengan menggunakan beberapa sample shale clay ditambahkan stabilisasi semen portland sampai dengan 30%, kemudian dilakukan pengujian dengan energi pemadatan standar dan penambahan pressure.

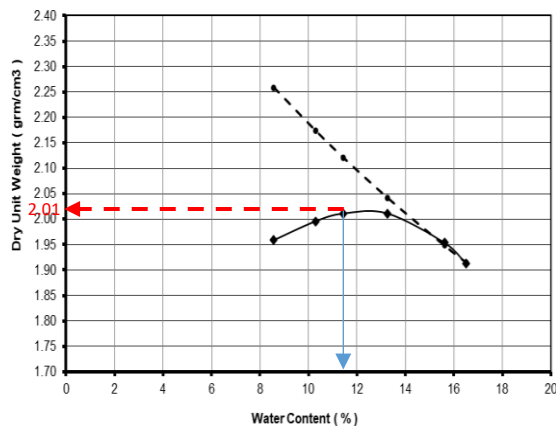
Adapun metode pengujian yang dilakukan, dapat dilihat pada flow chart di Gambar 1 berikut ini.



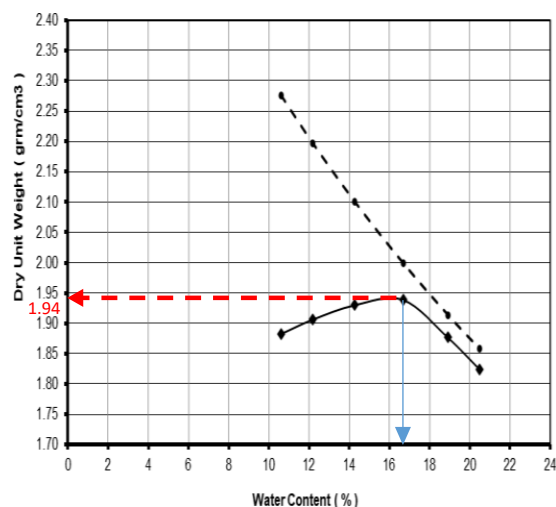
**Gambar 1.** Flow chart penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

Gambar 2 dan 3 berikut ini disajikan kurva Pemadatan *Clay shale* Lapuk Hambalang dengan energi pematat 30 Blow/layer (SCMT) methods setara 3 kali energi Modified Proctor ASTM D 638 dan kadar semen 10% dan 15%, sample S10-ES30 dan S15-ES30.



Gambar 2. Dry Unit Weight S10-ES30

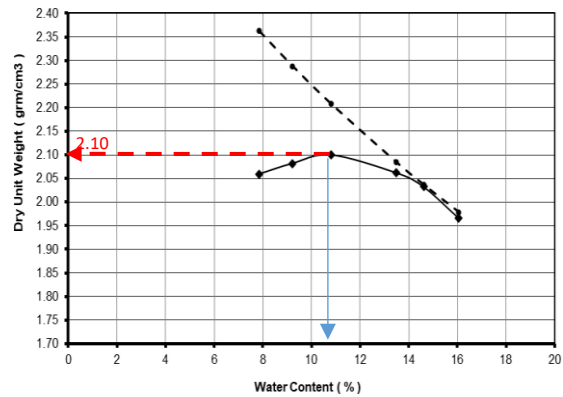


Gambar 3. Dry Unit Weight S15-ES30

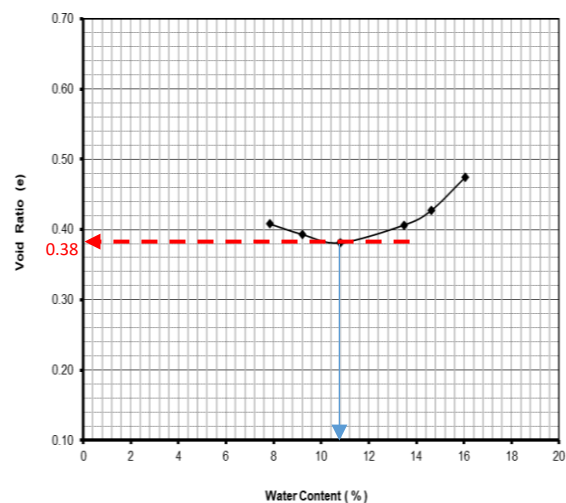
Hasil yang didapatkan dari perbedaan prosentasi semen, memperlihatkan nilai dry unit weight sebesar 2,01 gram/cm<sup>3</sup> dan 1,94 gram/cm<sup>3</sup>. Terjadi penurunan sebesar 0,07 gram/cm<sup>3</sup>, apabila adanya penambahan semen 5%, yang tidak memperlihatkan hasil yang efektif.

Gambar 4 dan 5 berikut ini disajikan kurva Pemadatan *Clay shale* Lapuk Hambalang dengan energi pematat 30 Blow/layer (SCMT) methods setara 3 kali

energi Modified Proctor ASTM D 638 ditambah dengan pressure sebesar 14,09 kg/cm<sup>2</sup> dan kadar semen 10%, sample S10-EP30.



Gambar 4 Dry Unit Weight S10-EP30

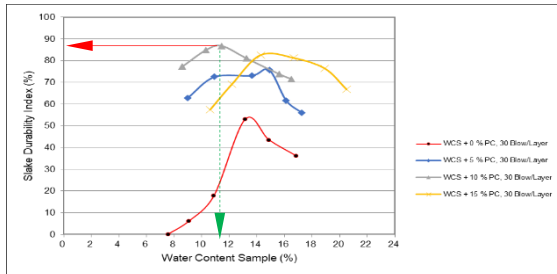


Gambar 5 Void Rasio S10-EP30

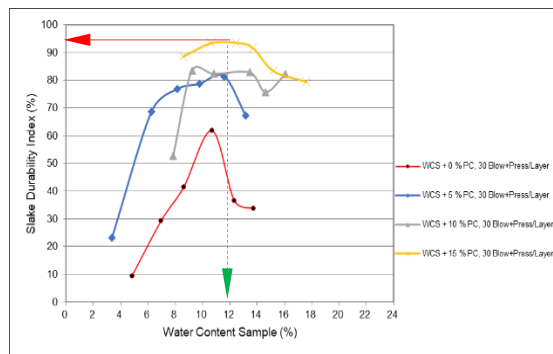
Hasil yang didapatkan dari perbedaan dengan penambahan pressure, memperlihatkan nilai dry unit weight sebesar 2,10 gram/cm<sup>3</sup> dan void rasio 0,38. Terjadi peningkatan sebesar 0,06 gram/cm<sup>3</sup>, apabila adanya energi 30 blows/layer ditambah pressure 14,09 kg/cm<sup>2</sup>, sampel S10-EP30, yang memperlihatkan hasil yang efektif.

Pembahasan terhadap hasil penelitian dan pengujian yang diperoleh disajikan dengan Gambar 6 - 7 berikut ini disajikan Tabel dan kurva nilai Slake Durability Index Clay Shale Lapuk

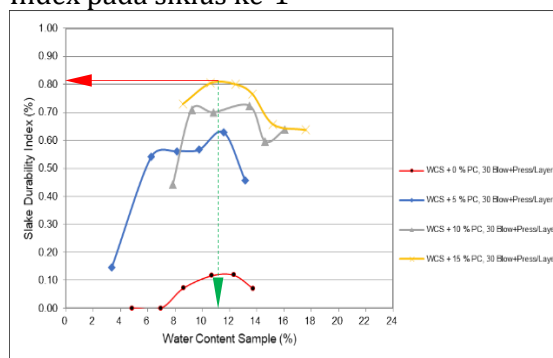
Hambalang dengan energi pematat 30 Blow/layer SCMT methods setara dengan 3 kali energi Modified Proctor ASTM D 1158.  
 Dan dengan energi pemadatan 30 Blow/Layer+pressure.



**Gambar 6.** Pengaruh energi pemadatan metode SCMT 30 blow/layer terhadap perubahan Slake Durability Index pada siklus ke-1



**Gambar 7.** Pengaruh energi pemadatan metode SCMT 30 blow/layer + Pressure terhadap perubahan Slake Durability Index pada siklus ke-1



**Gambar 8.** Pengaruh energi pemadatan metode SCMT 30 blow/layer + Pressure terhadap perubahan Slake Durability Index pada siklus ke-2

Pada tanah *clay shale* Hambalang lapuk yang selanjutnya dipadatkan dengan variasi energi dan distabilitasi dengan semen portland (5%PC, 10%PC

dan 15%PC) memperlihatkan peningkatan nilai slake durability indeks sebesar 87%, dengan energi pemadatan metode SCMT 30 blow/layer didapatkan nilai tertinggi pada campuran 10% PC

Pada tanah *clay shale* Hambalang lapuk yang selanjutnya dipadatkan dengan variasi energi dan distabilitasi dengan semen portland dengan 15% PC memperlihatkan peningkatan slake durability indeks, dengan nilai tertinggi sebesar 68%. Pada sampel dengan tambahan 15% PC dan dengan energi 30 blow + Pressure pada siklus 1 (Gambar 7) menunjukkan Nilai Slake Durability Indeks yang paling tinggi yaitu sebesar 93,52%.

#### 4. Kesimpulan

Pada tanah *clay shale* Hambalang lapuk yang selanjutnya dipadatkan dengan variasi energi dan distabilitasi dengan semen portland memperlihatkan peningkatan slake durability indeks, dengan nilai tertinggi pada campuran 10% PC. Untuk stabilisasi semen portland dengan 15% PC memperlihatkan peningkatan slake durability indeks, sebesar 68%. Sedangkan pada sampel dengan energi 30 blow + Pressure menunjukkan Nilai Slake Durability Indeks yang paling tinggi dengan klasifikasi tipe intermediate-1 shale. Walaupun demikian, perilaku tersebut tidak dapat kembali seperti kondisi asli clay shale (*fresh clay shale*).

#### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan, kepada pihak PT. Waskita Karya yang telah memberikan pendanaan pada penelitian ini.

#### Daftar Pustaka

Alatas, Idrus M dan Pintor T. Simatupang (2017), Pengaruh Proses Pelapukan *Clay Shale* terhadap Perubahan Parameter Rasio Disintegritas (DR), Jurnal Teknik Sipil, Vol. 24, No. 1, April 2017: pp. 77-82

Alatas, Idrus M, Samira A.K, Ramli N,

- Irsyam M, (2016).** Effect of Weathering on Disintegration and Shear Strength Reduction of Clay Shale. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)* 78(7-3): 93-99.
- Alatas, Idrus M, Samira A.K, Ramli N, Irsyam M, Himawan A, (2015).** Shear Strength Degradation of Semarang-Bawen Clay shale Due To Weathering Process. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)* 77(11): 109-118.
- Alatas, Idrus M, Simatupang Pintor T., Kuswaya Wawan and Panji (2019).** Re-weathering of Stabilized Clay Shale With Portland Cement Behavior. *MATEC Web of Conferences* 276, 05009 (2019).
- Aprilia, Lita et. al (2020),** Analisis Petrofisika dan Penyebab Low Resistivity Reservoir Zone Berdasarkan Data Log, Sem, XRD dan Petrografi Pada Lapangan X Sumatera Selatan, *Jurnal Geofisika Eksplorasi* 4(2): pp. 31-46
- Diana, W., Hartono, E. and Muntohar, A. S (2019).** The Permeability of Portland Cement-Stabilized Clay Shale. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 650 (2019) 012027.
- Oktaviani, Revia., Paulus P Rahardjo, and Imam A Sadisun (2018),** The Clay Shale Durability Behavior of Jatiluhur Formation Based on Dynamic and Static Slaking Indices, *International Journal of Scientific & Engineering Research* Volume 9, Issue 5, May-2018pp. 1266 - 1281
- Putera A. M. A., and Sony Pramusandi B. Damianto (2017),** Identification and Classification of Clayshale Characteristic and Some Considerations for Slope Stability, *African Journal of Environmental Science and Technology*, 11(4) 163-179.
- Somantri, A. K, Shouman M, Fathurrohman A. M, (2018).** Penentuan Parameter Kuat Geser Clay Shale Berdasarkan Variabel Kejenuhan Terhadap Kelongsoran. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* Vol. 9.
- Tantra, Hans, Prihatiningsih A, (2019).** Analisis Kuat Geser Tanah Clay Shale Yang Terendam dan Tidak Terendam dengan Unconfined Compression Test. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, Vol. 2, No. 1, Februari 2019, hlmn 77-85.
- Terzaghi, K (1967).** *Soil Mechanics in Engineering Practice*. 2nd Edition. A Wiley International Edition. John Wiley & Sons. Inc. New York. London. Sydney.
- Terzaghi, K (1946).** *Introduction to Tunnel Geology*. Rock Tunneling with Steel Supports. R.V. Proctor and T.L. White eds. Youngstown: Commercial Shearing, pp. 19-99.
- Terzaghi K (1936).** A Fundamental Fallacy in Earth Pressure Computations. *Journal Boston Soc. Civil Engrs.*, Vol, 23 pp. 71-88.
- Vargas, M (1953).** Some engineering properties of residual clay soils occurring in Southern Brazil. *Proc. 3rd Int. Conf. on Soil Mech. and Found. Eng.*, Zurich, V1, p. 67.
- Widjaja. B (2008).** Engineering characteristics of Bukit Sentul clayshale based on laboratory and in situ tests. *Geotechnical and Geophysical Site Characterization - Huang & Mayne (eds) Taylor & Francis Group, London*, p. 1231-1237.
- Widjaja, B and Rahardjo, P.P (2002).** Karakteristik Clayshale di Bukit Sentul, Bogor, dan Pertimbangan untuk Stabilitas Lereng. *Prosiding Seminar Nasional SLOPE- 2002*, Bandung, pp. 99-114.
- Walkinshaw, J.L., and Santi, P.M (1996).** *Landslides Investigation and Mitigation*, Special Report 247,

Chapter 21: Shales and other Degradable Materials. Transportation Research Board, National Research Council

**Wirmanda, Anindya Y., et al. (2017),** Perilaku Clay Shale Terhadap Kuat Geser Residual Pada Lokasi Banyumeneng, Penawangan, dan Wonosegoro. Jurnal Karya Teknik Sipil S1 Undip, Vol. 6, No. 3, pp. 81-92.