

Pengujian *Slake Durability* pada Tanah *Mudrock* dengan Metode Stabilisasi *Dry* dan *Spray Coating*

Slake Durability Testing on Mudrock with Dry and Spray Coating Method

Atikha Shabrina Amalia, Edi Hartono

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Konstruksi di atas *mudrock* sangat berkaitan dengan masalah durabilitas tanah. Tanah *siltstone* dan *clayshale* mempunyai durabilitas yang tinggi apabila tertimbun secara alami, dan akan mengalami penurunan durabilitas apabila kontak dengan air dan udara secara terus menerus. Penambahan semen sebagai bahan stabilisasi bertujuan untuk meningkatkan durabilitasnya. Sampel dibuat dari campuran semen *portland* menggunakan metode *spray coating* dan *dry coating* yang diberikan kadar semen sebesar 10%. Sampel yang digunakan berupa fragmen asli hasil pecahan batu alami dengan berat masing-masing 40-60 g. Pengujian *slake durability* dilakukan menggunakan standar ASTM D4644. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa dengan penambahan semen meningkatkan durabilitas dan mengurangi tingkat pelapukan tanah. Metode pencampuran dengan *spray coating* memiliki tingkat degradasi yang rendah daripada *dry coating*.

Kata-kata kunci : Clayshale, Siltstone, Slake Durability, Dry Coating, Spray Coating.

Abstract. Construction on *mudrock* subgrade related with durability problems. *Siltstone* and *clayshale* have high durability when buried naturally, and will experience a decrease in durability when contact with water and air continuously. The addition of cement as a stabilizer aims to increase *mudrock* durability. The specimens that used in this study was made from a soil-cement mixture using *spray coating* and *dry coating* methods which are given cement in an amount of 10% to soil dry weight. The specimen shapes that used were natural fragments from sediment lumps weighing 40-60 g each. *Slake durability* testing is carried out using the ASTM D4644 standard. The results of the tests show that the addition of cement increases durability and reduces the rate of soil weathering. The mixing method with *spray coating* has a low degradation rate compared to *dry coating*.

Keywords: Clayshale, Siltstone, Slake Durability, Dry Coating, Spray Coating.

1. Pendahuluan

Proyek pembangunan jalan tol Ungaran-Bawen dibangun guna mempersingkat waktu perjalanan bagi masyarakat yang ingin bepergian dari kota asal ke kota lain. Dalam pembangunannya, proyek jalan tol Ungaran-Bawen memiliki beberapa kendala salah satunya yaitu kondisi struktur tanah yang terdapat di wilayah tersebut. Wilayah pembangunan jalan tol tersebut tersusun dari lapisan *mudrock* yaitu *clayshale* dan *siltstone*. *Mudrock* merupakan kelompok batuan sedimen yang terdiri dari *clayshale*, *siltstone*, *shales*, dan *argillities* (Dick dkk., 1994). *Mudrock* mempunyai tingkat durabilitas yang baik apabila dalam kondisi tertimbun alami, akan mengalami degradasi yang signifikan apabila

terkena kontak langsung dengan air dan udara (Alatas dkk., 2015). Berbeda dengan *mudrock*, tanah lempung tidak mengalami degradasi yang signifikan apabila terkena kontak langsung dengan air dan udara. Oleh karena itu, solusi yang tepat untuk menyelesaikan masalah ini adalah melakukan penelitian untuk perbaikan kualitas *mudrock* tersebut yaitu dengan melakukan pengujian *slake durability*. Pengujian *slake durability* dilakukan dengan menambahkan semen sebagai bahan stabilisasi untuk mengetahui ketahanan *mudrock* dan untuk mendapatkan nilai *Slake Durability Index* (Id) (ASTM, 2004).

Stabilisasi tanah merupakan perbaikan daya dukung tanah dengan berbagai metode baik fisik, kimia, maupun biologis.

Metode stabilisasi ini lebih menekankan kepada perbaikan sifat fisika tanah agar tanah tahan terhadap berbagai kondisi lingkungan ekstrim setelah distabilisasi (Muntohar dan Wardani, 2018). Penambahan semen pada sampel uji bertujuan untuk stabilisasi dan modifikasi. Stabilisasi perlu dilakukan guna meningkatkan sifat mekanis tanah, sedangkan modifikasi dilakukan untuk memudahkan tanah digunakan untuk pemadatan (Sariosseiri dan Muhunthan, 2009). Semen yang ditambahkan sebagai bahan stabilisasi akan mengalami proses hidrasi yang terjadi antara air dan semen sehingga menghasilkan bahan utama sementasi yaitu alumina kalsium terhidrasi (C_3AH_x , C_4AH_x), kalsium silikat dehidrasi (C_2SH_x , $C_3S_2H_x$), dan kapur hidrasi $Ca(OH)_2$ (Muntohar, 2018). Banyaknya penambahan semen tergantung dari sifat plastis tanah, semakin banyak butiran halus akan semakin banyak pula semen yang dibutuhkan seperti yang dikatakan oleh Seruruto (2001) dalam Gharib dkk. (2012). Pencampuran semen yang dilakukan dapat memicu reaksi *pozzolanic* untuk mengikat semen dan menjadikan ketahanan dan kekuatan lebih baik pada tanah tersebut (Djelloul dkk., 2017).

Walsri dkk. (2012) melakukan pengujian *slake durability* dengan membandingkan dua set spesimen dengan karakter sama yang dilakukan sebanyak dua rangkaian. Untuk rangkaian pertama, prosedur pengujian dilakukan berdasarkan pada standar ASTM D4644, tetapi dilakukan 6 kali siklus. Pada rangkaian kedua, pengujian dilakukan tanpa merendam drum ke dalam air agar mendapatkan hasil pelapukan batuan dalam kondisi kering. Hasil dari akhir siklus pengujian ini, menunjukkan nilai SDI untuk spesimen basah mempunyai nilai terendah dibandingkan dengan spesimen kering. Hal tersebut menunjukkan bahwa pengaruh air terhadap spesimen pada kondisi terendam mempunyai degradasi lebih besar. Stabilisasi dengan semen berpengaruh pada tingkat ketahanan *mudrock* yang dalam prosesnya diberi perlakuan siklus pengeringan dan pembasahan. Agustawijaya (2003) juga melakukan pengujian *slake durability* yang dilakukan terhadap batuan serpih (*shale*) atau batuan sejenis yang telah mengalami siklus

pengeringan dan pembasahan. Pengujian ini didapatkan hasil Indeks Durabilitas (I_d) yang bervariasi yaitu antara 50-96%. Klasifikasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Klasifikasi Durabilitas Berdasar Nilai I_d (Agustawijaya, 2003)

I_d	Klasifikasi
0-30	Sangat rendah
30-60	Rendah
60-85	Menengah
85-95	Menengah keatas
95-98	Tinggi
98-100	Sangat Tinggi

Untuk menunjukkan apakah tanah memiliki durabilitas yang baik dapat dilihat dari jumlah berat kering yang hilang selama pengujian. Apabila semakin kecil jumlah berat kering yang hilang, maka dapat diindikasikan tanah yang terstabilisasi oleh semen mempunyai nilai durabilitas yang baik. Penelitian ini mengkaji mengenai pengaruh penambahan semen terhadap nilai ketahanan *mudrock* dan pengaruh metode stabilisasi *coating* terhadap durabilitas *mudrock*.

2. Metode Penelitian

Tanah

Tanah yang digunakan untuk penelitian ini adalah tanah *clayshale* dan *siltstone* yang berasal dari daerah sekitar jalan Tol Ungaran – Bawen, Jawa Tengah. Berupa bongkahan tanah yang dihancurkan dengan berat masing-masing fragmen 40 g – 60 g sebanyak 20 buah.



Gambar 1 Spesimen Uji

Menurut Islamand dan Hashim (2004) dalam Pakbaz dan Farzi (2015) terdapat dua metode pencampuran benda uji dengan semen yang digunakan, yaitu dengan metode stabilisasi *dry coating* dan *spray coating*.

Perbedaan dari kedua metode tersebut adalah pada bagian cara pencampuran semen dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a. Untuk metode *dry coating*, cara pencampuran benda uji dengan semen adalah dengan melakukan perendaman 20 buah fragmen selama 2 menit menggunakan air. Setelah dilakukan perendaman dan fragmen tersebut ditiriskan, kemudian mencampurkan semen dengan cara mengepalkan fragmen pada semen hingga seluruh permukaan fragmen tertutupi oleh semen.
- b. Untuk metode *spray coating*, semen dan air ditakar sesuai dengan proporsinya kemudian mencampurkannya menjadi satu. Setelah tercampur rata, kemudian dimasukkan ke dalam *sprayer* dan disemprotkan ke benda uji hingga seluruh permukaan tertutup oleh semen.



Gambar 2 Spesimen Tanpa Penambahan Semen



Gambar 3 Spesimen Penambahan Semen dengan Metode Dry



Gambar 4 Spesimen Penambahan Semen dengan Metode Spray

Metode Pengujian Slake Durability

Sesuai dengan ASTM (2004), berikut adalah langkah pengujian *slake durability* :

1. Pengujian diawali dengan pemeriksaan kadar air pada sampel benda uji.
2. Benda uji didokumentasikan baik sebelum maupun setelah dilakukan pengujian.

3. Drum diisi oleh fragmen dengan masing-masing 10 buah untuk tiap drum.
4. Kotak perendam diisi oleh air setinggi 2 cm dibawah sumbu as drum.
5. Pengujian diawali dengan pemeriksaan kadar air pada sampel benda uji.
6. Benda uji didokumentasikan baik sebelum maupun setelah dilakukan pengujian.
7. Drum diisi oleh fragmen dengan masing-masing 10 buah untuk tiap drum.
8. Kotak perendam diisi oleh air setinggi 2 cm dibawah sumbu as drum.
9. Drum berputar selama 10 menit pada kecepatan 20 rpm dengan motor penggerak.
10. Setelah selesai berputar, kemudian keluarkan fragmen yang masih tertahan di dalam drum untuk kemudian dikeringkan ke dalam oven.
11. Sebelum melanjutkan siklus selanjutnya, terlebih dahulu dilakukan pengujian gradasi untuk mendapatkan nilai distribusi ukuran butir tanah.

Langkah tersebut diulangi hingga 5 siklus untuk memperoleh data berat kering oven dari benda uji di setiap siklus. Hasil pengujian dinyatakan dalam nilai I_d menunjukkan tingkat ketahanan batuan yang diperoleh dari data berat kering oven tertahan. Persamaan 1 adalah rumus perhitungan untuk menghitung *slake durability index* siklus kedua ($I_d(2)$) sebagai berikut :

$$I_d(2) = ((W_F - C)/(B - C)) \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

dengan :

$I_d(2)$ = *slake durability index* (siklus kedua)

W_F = berat drum dan berat kering oven sampel yang tertahan setelah siklus kedua, g

B = berat drum dan berat kering oven sebelum siklus pertama, g

C = berat drum, g

Untuk nilai I_d pada siklus ketiga, W_F yang digunakan adalah berat kering oven tertahan siklus ketiga, begitu juga untuk siklus empat dan lima. Berikut beberapa variasi benda uji dengan berbagai perlakuan tertera pada Tabel 2 untuk meneliti sifat *mudrock* baik pada kadar 0% maupun dengan kadar 10%.

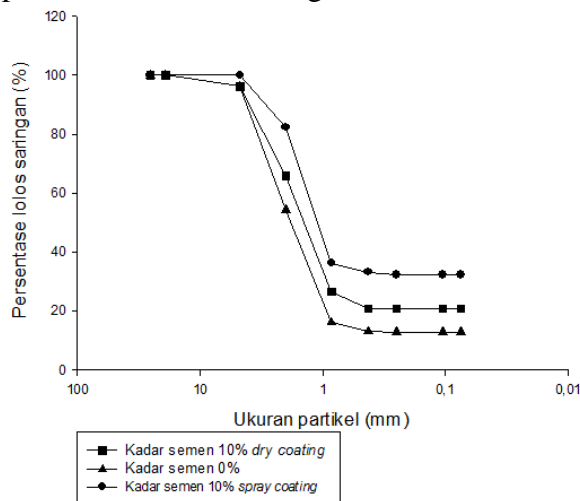
Tabel 2 Variasi Benda Uji

No	Variasi	Jenis Tanah	Proses Stabilisasi	Kadar Semen	Jumlah Sampel
1	Tanpa Penambahan Semen	<i>Clayshale</i>	-	0%	20 fragmen
		<i>Siltstone</i>	-	0%	20 fragmen
2	Dengan Penambahan Semen	<i>Clayshale</i>	<i>Dry dan Spray Coating</i>	10%	20 fragmen
		<i>Siltstone</i>	<i>Spray Coating</i>	10%	20 fragmen

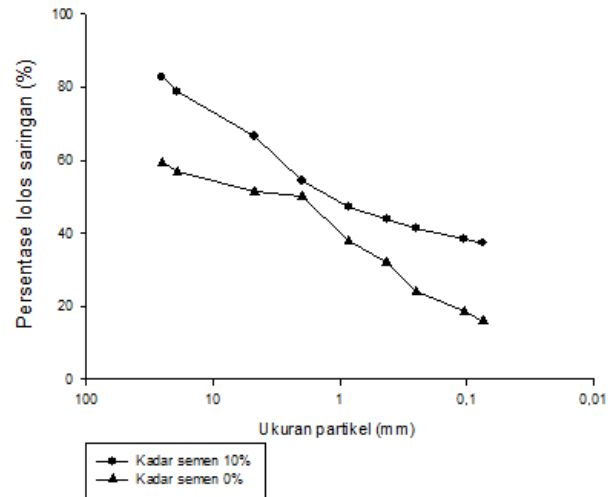
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian Gradasi Tanah

Pengujian dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butir tanah yang ditunjukkan dalam Gambar 5 dan Gambar 6. Pada kurva tersebut, terlihat bahwa distribusi ukuran butir tanah tanpa penambahan maupun dengan penambahan semen sebesar 10% pada beberapa ukuran saringan, sampel tanpa penambahan semen memiliki persentase berat lolos lebih besar dibandingkan sampel dengan penambahan semen dengan kadar 10%.



Gambar 5 Distribusi Ukuran Butir Tanah Kadar Semen 0% dan 10% *Clayshale Dry dan Spray Coating*

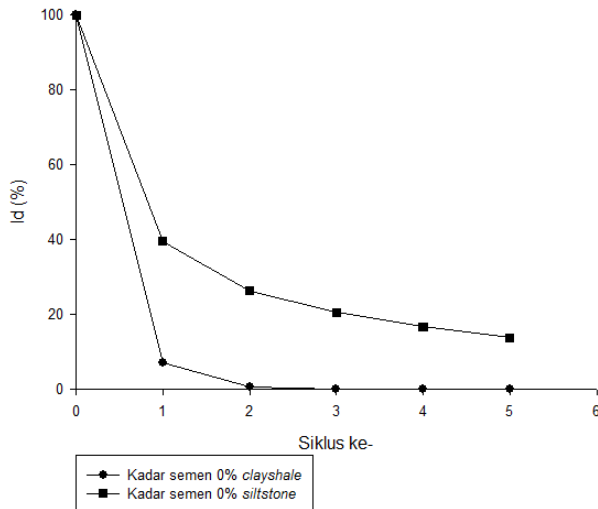


Gambar 6 Distribusi Ukuran Butir Tanah Kadar Semen 0% dan 10% *Siltstone Spray Coating*

Akibat terjadinya interaksi senyawa kimia dalam semen dapat memicu terjadinya reaksi kimia yang mengikat tanah dengan semen. Adanya ikatan tersebut menyebabkan ukuran sampel tanah dengan penambahan semen lebih besar dibandingkan sampel tanah tanpa penambahan semen.

Slake Durability Index (I_d) pada Sampel Tanah Tanpa Semen

Hasil dari perlakuan siklus pengeringan dan pembasahan selama 5 siklus dapat mempengaruhi perubahan berat keringnya yang ditunjukkan dengan grafik seperti pada Gambar 7. Grafik tersebut menunjukkan perubahan berat kering secara signifikan pada siklus pertama, sedangkan pada siklus selanjutnya perubahan berat keringnya tidak terlalu signifikan.



Gambar 7 Hubungan I_d pada Kadar Semen 0% Menggunakan Metode *Dry Coating* dan *Spray Coating*

Perbedaan yang terjadi antara nilai I_d pada sampel kadar semen 0% dan kadar semen 10%

terlihat dari penambahan semen yang akan ditambahkan untuk mengetahui tingkat pelapukannya. *Mudrock* mengandung mineral lempung yang mempunyai sifat sensitif terhadap air. Hal itu menyebabkan sampel mengalami perubahan berat kering oven pada siklus pertama secara signifikan. Ketika *mudrock* terendam dan semakin banyak air menyerap ke pori batuan, mengakibatkan tingkat kohesi berkurang yang dapat menyebabkan *mudrock* lapuk dan terdegradasi. Mekanisme pengujian *slake durability* berpengaruh pada bagian lapisan luar *mudrock* sehingga sebagian besar bagian tersebut mengalami degradasi yang hanya tersisa bagian inti *mudrock* yang lebih kuat. Hasil *Slake Durability Index* (I_d) sampel *mudrock* pada pengujian *slake durability* ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3 Hasil Pengujian *Slake Durability* Kadar Semen 0% Tanah *Clayshale*

Siklus	Kadar Semen 0% <i>Clayshale</i>		Klasifikasi
	<i>Dry mix</i> (%)	<i>Spray Mix</i> (%)	
1	7,29	11,00	Sangat Rendah
2	0,66	1,47	Sangat Rendah
3	0,10	1,26	Sangat Rendah
4	0,05	1,09	Sangat Rendah
5	0,03	0,91	Sangat Rendah

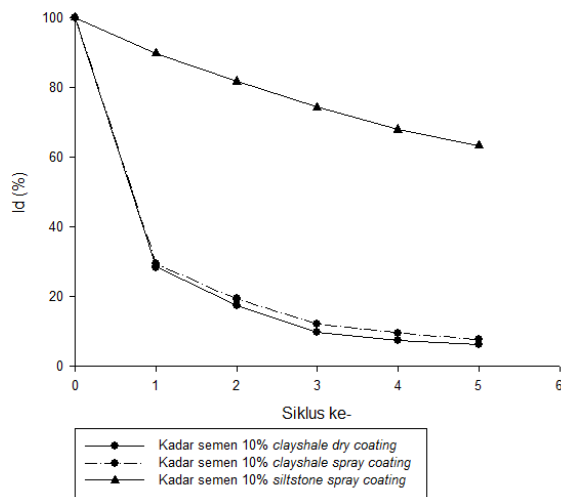
Tabel 4 Hasil Pengujian *Slake Durability* Kadar Semen 0% Tanah *Siltstone*

Siklus	Kadar Semen 0% <i>Siltstone</i>		Klasifikasi
	<i>Dry mix</i> (%)	<i>Spray Mix</i> (%)	
1	9,27	39,63	Rendah
2	0,86	26,42	Sangat Rendah
3	0,53	20,58	Sangat Rendah
4	0,38	16,82	Sangat Rendah
5	0,25	13,82	Sangat Rendah

Slake Durability Index (I_d) pada Sampel Tanah dengan Penambahan Semen

Selama *mudrock* diberi perlakuan siklus pembasahan dan pengeringan, terlihat bahwa berat kering sampel semakin berkurang selama dilakukan pengujian *slake durability*. Hal

tersebut ditunjukkan dalam grafik pada Gambar 8.



Gambar 8 Hubungan I_d pada Kadar Semen 10% Menggunakan Metode *Dry Coating* dan *Spray Coating*.

Mudrock yang semakin lama diberi perlakuan siklus mengakibatkan *mudrock* tersebut cepat mengalami pelapukan, sehingga nilai durabilitasnya akan mendekati angka nol.

Spesimen yang telah diuji *slake durability* baik pada kadar semen 0% dan 10% mengalami degradasi yang signifikan di awal perlakuan siklus pertama. Spesimen *mudrock* yang hancur pada siklus kedua berlangsung menunjukkan bahwa spesimen tersebut lemah (Sadisun dkk., 2005). Heidari dkk. (2015) menyatakan selama pengujian *slake durability* berlangsung terjadi perubahan fisik *mudrock* seperti retakan pada lapisan tanah, pembubaran partikel. Tabel 5 dan Tabel 6 Adalah hasil *Slake Durability Index* (I_d) kadar semen 10% pada *clayshale* dan *siltstone*.

Tabel 5 Hasil Pengujian *Slake Durability* Kadar Semen 10% Tanah *Clayshale*

Siklus	I_d <i>Clayshale</i> Kadar Semen 10%		Klasifikasi
	<i>Dry mix</i> (%)	<i>Spray Mix</i> (%)	
1	28,33	29,30	Sangat Rendah
2	17,35	19,18	Sangat Rendah
3	9,58	12,08	Sangat Rendah
4	7,20	9,40	Sangat Rendah
5	6,08	7,50	Sangat Rendah

Tabel 6 Hasil Pengujian *Slake Durability* Kadar Semen 10% Tanah *Siltstone*

Siklus	I_d <i>Siltstone</i> Kadar Semen 10%		Klasifikasi
	<i>Dry mix</i> (%)	<i>Spray Mix</i> (%)	
1	86,15	89,72	Menengah Keatas
2	78,17	81,65	Menengah
3	71,68	74,23	Menengah
4	66,12	67,79	Menengah
5	61,37	63,19	Menengah

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari pengujian yang sudah dilakukan adalah :

- Pada sampel *mudrock* dengan penambahan semen kadar 10% memiliki tingkat ketahanan yang lebih tinggi jika dibandingkan sampel dengan kadar 0%. Semakin banyak penambahan semen yang digunakan, nilai durabilitasnya semakin baik serta semakin kuat *mudrock* untuk tidak mengalami pelapukan.
- Nilai I_d pada sampel *clayshale* dan *siltstone* yang distabilisasi menggunakan metode *spray* pada kadar 10% memiliki nilai

durabilitas yang tinggi apabila dibandingkan dengan metode stabilisasi *dry coating*. Selisih nilai I_d antara kadar semen 0% pada *siltstone* dan *clayshale* dengan metode *spray coating* sebesar 28,63%, sedangkan dengan *dry coating* memiliki selisih durabilitas 1,98%. Selisih antara kadar semen 10% pada *clayshale* dengan metode *dry coating* sebesar 57,82%, sedangkan specimen *clayshale* dan *siltstone* dengan metode *spray coating* memiliki selisih durabilitas 60,42%.

5. Daftar Pustaka

- Agustawijaya, D. S. 2003. Modelled mechanisms in the slake-durability test for soft rocks. *Civil Engineering Dimension*, 5(2), 87-92.
- Alatas, I. M., Kamaruddin, S. A., Nazir, R., Irsyam, M., and Himawan, A. 2015. Shear strength degradation of Semarang Bawen clay shale due to weathering process. *Jurnal Teknologi*, 77(11). 109-118
- ASTM D 4644-04. 2004. Standart Test Method for Slake Durability of Shales and Similar Weak Rocks. ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania, USA.
- Dick, J.C., Shakoor, A. and Wells, N. 1994. A geological approach toward developing a mudrock-durability classification system. *Canadian Geotechnical Journal*, 31(1), 17-27.
- Djelloul, R., Mrabent, S. A. B., Hachichi, A., and Fleureau, J. M. 2017. Effect of Cement on the Drying–Wetting Paths and on Some Engineering Properties of a Compacted Natural Clay from Oran, Algeria. *Geotechnical and Geological Engineering*, 36(2), 995-1010.
- Gharib, M., Saba, H. and Barazesh, A. 2012. The effect of additives on clay soil properties using cement and lime. *International Journal of Basic Sciences & Applied Research*, 1(3), 66-78.
- Heidari, M., Rafiei, B., Mohebbi, Y. and Torabi-Kaveh, M. 2015. Assessing the behavior of clay-bearing rocks pusing static and dynamic saling indices. *Geotchnical and Geological Engineering*, 33(4), 1017-1030.
- Muntohar, A. S., dan Wardani, S.P.R. 2018. *Perbaikan Tanah*. LP3M UMY, Yogyakarta.
- Pakbaz, M. S., and Farzi, M. 2015. Comparison of the effect of mixing methods (dry vs. wet) on mechanical and hydraulic properties of treated soil with cement or lime. *Applied Clay Science*, 105, 156-169.
- Sadisun, I.A., Shimada, H., Ichinose, M. and Matsui, K. 2005. Study on the physical disintegration characteristics of Subang claystone subjected to a modified slaking index test. *Geotechnical & Geological Engineering*, 23(3), 199-218.
- Sariosseiri, F., and Muhunthan, B. 2009. Effect of cement treatment on geotechnical properties of some Washington State soils. *Engineering geology*, 104(1-2), 119-125.
- Walsri, C., Sriapai, T., Phueakphum, D., and Fuenkajorn, K. 2012. Simulation of sandstone degradation using large-scale slake durability index testing device. *Songlanalarin J. Sci. Technol*, 34, 587-596.