Pengaruh Stabilisasi Semen Terhadap Nilai Durabilitas Tanah *Clayshale* dengan Metode *Static Slake Index Test*

The Effect of Cement stabilization on Durability of Clayshale with Static Slake Index Test Method

Kartika Wulandary, Edi Hartono
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Rendahnya kuat dukung tanah dasar merupakan permasalahan yang sering kali terjadi pada pekerjaan infrastuktur. Hal itu akan membahayakan struktur bangunan di atasnya. Kuat dukung ini sangat berhubungan dengan durabilitas (ketahanan) tanah. *Clayshale* merupakan salah satu jenis batuan yang terbentuk dari sedimentasi tanah lempung. Durabilitas *clayshale* menurun sangat signifikan ketika mengalami siklus *drying-wetting*. Proses pelapukan tersebut yang dinamakan *slaking*. Tanah dengan nilai Pelapukan yang tinggi dapat diperbaiki dengan stabilisasi kimia menggunakan bahan campuran semen. Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan pengaruh stabilisasi semen terhadap tanah *clayshale* melalui metode pengujian durabilitas yang dinamakan *static slake index test*. Pengujian ini menggunakan dua metode pencampuran semen yaitu *dry mixed* dan *spray mixed*. Spesimen pada pengujian ini dapat dicetak dengan dua jenis cetakan. Cetakan 1 menggunakan silinder berukuran diameter 70 mm dan tinggi 140 mm yang kemudian dipecah menjadi beberapa fragmen. Cetakan 2 menggunakan silinder berukuran diameter 34 mm dan tinggi 35 mm. Hasil pengujian menunjukkan tanah *clayshale* yang telah lapuk meningkat durabilitasnya ketika dicampur dengan semen. Spesimen yang dibuat metode *spray mixed* memiliki indeks durabilitas lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen yang dibuat metode *dry mixed*. Indeks durabilitas pada spesimen pecahan hasil cetakan 1 lebih tinggi dari indeks durabilitas spesimen bentuk setengah cetakan 2.

Kata kunci: *clayshale*, durabilitas, *slaking*, semen*, static slake index test*.

Abstract. A bearing capacity of a subgrade leads to have problematic in infrastructure project. That will be risked on the structure above it. The bearing capacity is very related to durability. Clayshale durability decreased very significantly after drying-wetting cycle. That is one of the type of rock formed from sedimentation of clay. The weathering process is called slaking. Its can be treated by chemical stabilization using cement mixture. This study aimed to prove the effect of cement stabilization on clayshale using durability test method called static slake index test. This test compare two type cement mixing method spesifically dry mixed and spray mixed. Two types of molds were used i.e first mold by cylinders measuring 70 mm in diameter and 140 mm in height and then broken into fragments and second mold by cylinders measuring 34 mm in diameter and 35 mm in height. The results showed that the weathered clayshale soil increased its durability after cement stabilization. The specimens prepared using spray mixed method has a higher durability index than the specimens prepared using dry mixed method. The durability index on 1st mold fragment specimen is higher than the durability index on half of 2nd mold specimen.

Keywords : clayshale, durability, slaking, cement, static slake index test

1. Pendahuluan

Penyebab dari permasalahan yang sering kali terjadi pada pekerjaan infrastuktur seperti jalan raya, gedung, terowongan, dan sebagainya adalah rendahnya kuat dukung dan buruknya sifat-sifat tanah (Wardani dan Muntohar, 2018). Rendahnya kuat dukung tanah menjadi faktor yang akan membahayakan struktur bangunan di atasnya. Kuat dukung ini sangat berhubungan dengan durabilitas (ketahanan) tanah sehingga ketika nilai durabilitas tanah rendah maka kuat dukungnya juga akan rendah. Salah Satu jenis tanah yang memiliki nilai durabilitas rendah adalah tanah jenis *clayshale*. Alatas dkk. (2015) menyatakan bahwa tanah *clayshale* adalah jenis tanah yang

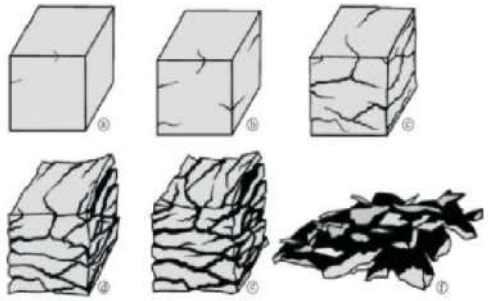
apabila kondisinya basah maka akan mengalami pengembangan tinggi begitu pula jika kondisi jenis tanah tersebut kering maka akan mengalami penyusutan yang tinggi pula. Tanah *clayshale* merupakan tanah yang memiliki kuat dukung yang cukup baik pada saat kondisi kering. Namun jenis tanah ini akan sangat bermasalah pada saat kondisi basah karena pada kondisi ini kuat dukung tanah akan mengalami penurunan yang sangat signifikan.

Clayshale merupakan jenis tanah yang termasuk ke dalam klasifikasi batuan *mudrocks. Mudrocks* merupakan batuan sedimen yang sangat halus terbentuk dari lanau dan lempung. Dikatakan sangat halus dikarenakan berat partakel dengan ukuran diameter butiran kurang dari 60 µm lebih dari 35% dari berat total batuan *mudrocks* tersebut (Grainger, 1984). Sadisun dkk. (2010) menyatakan bahwa *mudrocks* terdiri dari beberapa jenis yang diantaranya adalah *clayshale*, *siltstone, mudstone,* dan *claystone* yang memiliki sifat yang sama yaitu mudah terkikis apabila terjadi perubahan kadar air pada jenis batuan tersebut.

Clayshale merupakan batuan yang berbentuk *shale* yang mengandung mineral lempung sensitif terhadap air (Celestine dan Ngon, 2016). Menurut Alatas dan Simatupang (2017), *clayshale* dapat dideskripsikan sebagai salah satu jenis batuan lempung yang memiliki kuat geser yang tinggi, namun kuat geser dari jenis tanah ini akan cepat menurun ketika berhubungan dengan atmosfer dan hidrosfer yang memiliki banyak kandungan oksigen dan hidrogen didalamnya. Untuk mengatasi masalah tanah *clayshale* tersebut diperlukan tindakan perbaikan tanah seperti stabilisasi tanah tersebut dengan campuran semen. Kondisi tanah *clayshale* ketika berhubungan dengan atmosfer dan hidrosfer dapat dilihat ilustrasinya seperti pada Gambar 1.

Oktaviani dkk. (2018) menyatakan bahwa salah satu pengujian yang bisa digunakan untuk menganalisis disintergrasi fisik dari jenis tanah *clayshale* adalah pengujian *static slake index*. *Static slake index test* adalah pengujian untuk mengetahui durabilitas secara statis ketika mengalami siklus pengeringan dan pembasahan (*drying-wetting*). *Drying-wetting* merupakan salah satu proses yang menyebabkan tanah mengalami Pelapukan.

Penelitian ini merupakan penelitian yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh semen terhadap nilai degradasi dan durabilitas tanah *clayshale* dengan metode *static slake index* dan mengkaji pengaruh nilai degradasi dan durabilitas tanah terhadap bentuk cetakan benda uji serta mengkaji pengaruh pencampuran semen dengan metode *dry mixed* dan *spray mixed* terhadap nilai degradasi durabilitas tanah *clayshale*. Hal ini memberikan kontribusi ilmu pengetahuan tentang perbaikan tanah *clayshale* seperti menggunakan stabilisasi semen.



Gambar 1 Kondisi Tanah *Clayshale* Ketika Terekpos oleh Atmosfer dan Hidrosfer (Alatas dkk., 2016)

2. Metode Penelitan

Bahan

Tanah

Tanah pada pengujian ini merupakan tanah yang bernama *Clayshale* yang berasal dari Ungaran, Bawen, Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah yang dapat dilihat seperti pada Gambar 2. Pada pengujian *static slake index,* tanah yang digunakan adalah tanah *clayshale* yang telah lolos saringan No.4 dengan klasifikasi sifat fisis tanah seperti pada Tabel 1.

Gambar 2 Tanah *Clayshale*

Tabel 1 Klasifikasi Sifat Fisis Tanah *Clayshale*

Variabel Pengujian	Nilai
Berat Jenis, Gs	2,65
Pasir (%)	6,7
Lanau-lempung (%)	93,3
Atterberg limit	
Liquid limit, LL (%)	57,9
Plastic limit, PL (%)	28,4
Shringkage limit, SL (%)	10,6
Indeks Plastisitas, PI (%)	29,5
Preswell (%)	45,5
Maximum Dry Density, MDD (kN/m^3)	16,33
Optimum Moisture Content, OMC (%)	19

Semen

Semen merupakan bahan stabilisasi tanah. Semen yang digunakan pada penelitian ini merupakan merupakan semen jenis *Ordinary Portland Cement* (OPC) yang menjadi bahan tambah pada sampel yang akan diuji. Penggunaan semen OPC ini diharapkan dapat meningkatkan nilai durabilitas tanah.

Air

Air digunakan pada penelitian ini berfungsi sebagai *softening Agent*. Selain itu air juga berfungsi sebagai bahan campuran semen dan tanah yang membuat sampel dalam kondisi OMC.

Tahapan Penelitian

Tahapan pengujian *static slake index* yang dilakukan pada penelitian ini berupa prosedur pencetakan benda uji, prosedur pengujian benda uji, dan prosedur analisis data yang dijelaskan secara terperinci. Tahapan tersebut bisa dilakukan setelah pengujian awal. Pengujian awal bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat fisis tanah melalui pengujian berat jenis, gradasi butiran tanah, dan *Atterberg limit*. Pengujian awal juga bertujuan untuk menentukan nilai *Maximum Dry Density* (MDD) dan *Optimum Moisture Content* (OMC) melalui pengujian pemadatan Proctor standar.

Prosedur Pencetakan Benda Uji

Pembuatan benda uji pada pengujian static slake index ini berdasarkan nilai MDD dan OMC tanah *clayshale* tanpa campuran semen pada uji pemadatan dengan metode Proctor standar. Data MDD dan OMC tersebut digunakan sebagai takaran komposisi pembentuk benda uji seperti tanah, semen, dan air.

Besaran volume benda uji terlebih dahulu ditentukan dengan cara mengukur dimensi cetakan seperti diameter dan tinggi, sehingga dapat mengetahui komposisi tanah dan semen yang diperlukan dari nilai MDD serta dapat mengetahui pula massa air yang diperlukan dari massa tanah kering dan nilai OMC tanah tersebut. Pengujian ini menggunakan dua jenis cetakan yaitu cetakan 1 (diameter 70 mm dan tinggi 140 mm) dan cetakan 2 (diameter 34 mm dan tinggi 70 mm). Hasil dari spesimen cetakan 1 kemudian dipecah menjadi beberapa fragmen dengan berat 40-60 g dan hasil spesimen cetakan 2 dipadatkan sampai setengah tinggi cetakan (diameter 34 mm dan tinggi 35 mm) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Pengujian ini terdapat dua metode pencampuran dalam pembuatan benda uji, yaitu metode *dry mixed* dan *spray mixed* dengan data data komposisi setiap cetakan yang disajikan pada Tabel 2. Semen yang dicampurkan pada dua metode ini sebanyak 10% dari total massa tanah kering benda uji. Namun pada metode *spray mixed* memiliki sedikit perbedaan, yaitu menggunakan faktor air semen sebesar 0,7.

(a)

(b)

Gambar 3 Spesimen Benda Uji (a) Pecahan Cetakan 1 (b) Cetakan 2

Tabel 2 Desain Campuran Tiap Cetakan Benda Uji

Cetakan	Berat total (gram)	Kadar Semen	Tanah Kering Tanah (gr)	Tanah Kering Semen (gr)	Air total (ml)	FAS	air semen (ml)	air tanah (ml)
1	1067,29	0%	896,88	0,00	170,41	0,70	0,00	170,41
		10%	895,99	0,90	170,41	0,70	0,63	169,78
2	62,95	0%	52,90	0,00	10,05	0,70	0,00	10,05
		10%	52,84	0,05	10,05	0,70	0,04	10,01

Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian *static slake index* pada penelitian ini dilakukan berdasarkan pengujian pada penelitian yang pernah dilakukan oleh Sadisun dkk. (2005). Pengujian ini merupakan pengujian sederhana namun dapat diandalkan untuk mengetahui nilai durabilitas.

Pengujian dilakukan dalam keadaan statis dimana benda uji dikeringkan dan direndam dalam keadaan statis. Pengujian ini dilakukan sampai 5 siklus. Satu siklus *drying-wetting* diartikan spesimen awal tertahan saringan No.10 dalam kondisi kering kemudian direndam dalam air selama ± 16-24 jam dan setelah itu dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 105±5°. Analisis saringan dilakukan setelah spesimen dikeringkan. Spesimen yang tertahan di atas saringan No.10 digunakan untuk siklus berikutnya.

Analisis Data

Hasil data yang didapatkan dari pengujian *static slake index* ini adalah nilai *slake index* (Is). Nilai tersebut digunakan untuk mengklasifikasi nilai degradasi yang dimiliki sampel tersebut. *Slake Index* (Is) merupakan persentase rasio berat akhir dan berat awal tanah kering dalam wadah (Sadisun dkk, 2010). Index tersebut dapat dihitung menggunakan rumus persamaan (1). Hasil pengujian *static slake index* juga dapat dipresentasikan dalam nilai *slake durability index* (Id) yang dapat dihitung menggunakan rumus persamaan (2). Nilai tersebut digunakan untuk mengklasifikasi nilai durabilitas (ketahanan) yang dimiliki sampel tersebut.

$$I_s = \frac{Wx - Wx'}{Wx - B} \times 100\% \quad \text{.....} \quad (1)$$

$$I_d = \frac{Wx' - B}{Wx - B} \times 100\% \quad \text{.....} \quad (2)$$

Dimana,

I_s = Nilai *slake index* (%)
I_d = Nilai *slake durability index* (%)
Wx = Berat wadah + tanah kering pada kondisi awal (g)
Wx' = Berat wadah + tanah kering pada kondisi akhir (g)
B = Berat wadah (g)

Nilai *slake index* (Is) dan *slake durability index* (Id) tersebut dapat dibandingkan dari hasil sampel benda uji kadar semen 0% dan 10%, sampel benda uji dengan bentuk hasil cetakan 1 dan cetakan 2, dan dengan metode *dry mixed* dan *spray mixed*. perbandingan ini bertujuan untuk membuktikan bahwa terjadi proses perbaikan nilai durabilitas serta perbaikan degradasi pada tanah *clayshale* yang terstabilisasi.

3. Hasil dan Pembahasan

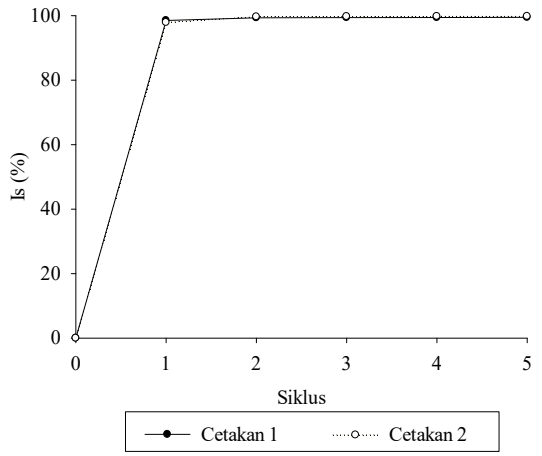
Static Slake Index Test

Static slake index test menghasilkan data yang berupa nilai *slake index* (I_s) dan nilai *slake durability index* (I_d) selama 5 siklus yang ditampilkan pada Tabel 3 dan ditunjukkan pada Gambar 4 yang merupakan kurva hubungan antara I_s dan I_d dengan siklus pada tanah asli. Berdasarkan hasil pengujian, tanah *clayshale* yang belum terstabilisasi memiliki nilai degradasi yang tinggi dan nilai durabilitas yang rendah. Hal ini membuktikan tanah ini perlu diperbaiki.

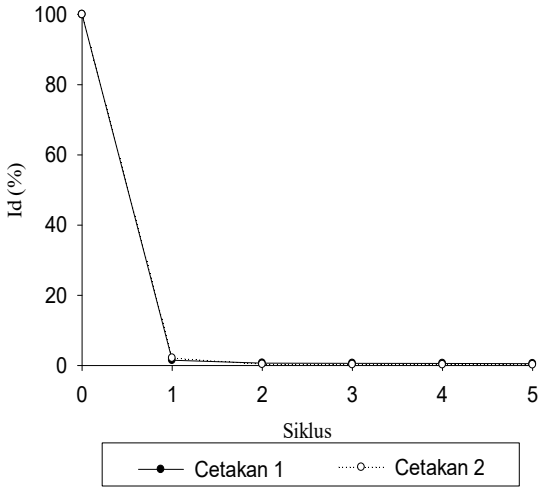
Hasil pengujian ini membuktikan bahwa terjadi peningkatan nilai I_s dan penurunan nilai I_d tiap siklusnya. Hasil ini juga sesuai dengan pernyataan Sadisun dkk. (2005) dalam penelitiannya yang menyatakan bahwa tanah akan mengalami kehilangan berat yang semakin sedikit dan menunjukkan tingkat *slaking* yang melambat dalam lima siklus.

Tabel 3 Hasil Pengujian *Static slake index* Tanah Asli

Spesimen	Siklus	*Slake Index,* I_s (%)	*Slake Durability Index*, I_d (%)
Cetakan 1	Awal	0,00	100,00
	1	98,49	1,51
	2	99,32	0,68
	3	99,38	0,63
	4	99,42	0,58
	5	99,46	0,54
Cetakan 2	Awal	0,00	100,00
	1	97,32	2,10
	2	99,63	0,37
	3	99,72	0,28
	4	99,77	0,22
	5	99,78	0,22



(a)

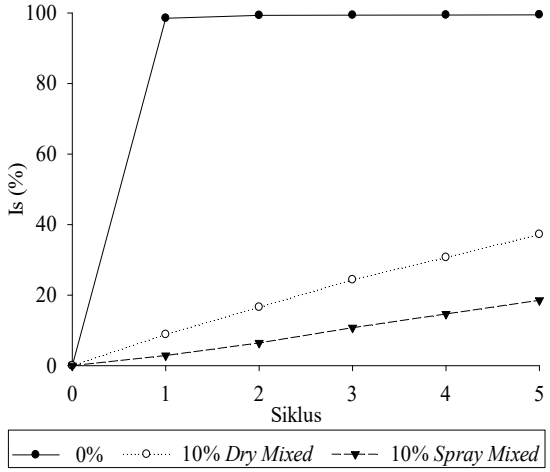


(b)

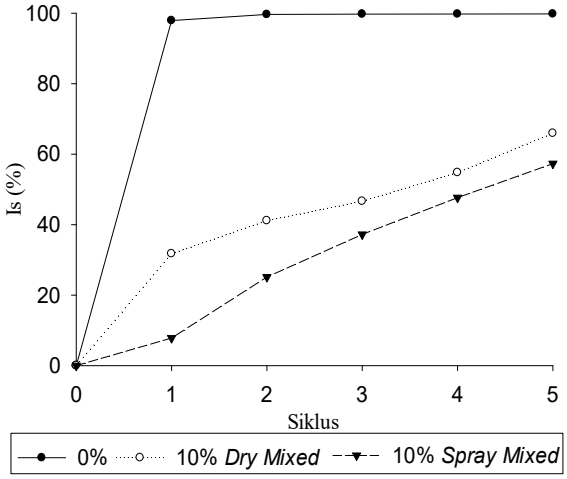
Gambar 4 Kurva Hasil Uji *Static Slake Index* Tanah Asli Cetakan 1 dan Cetakan 2. (a) *Slake Index* (I_s) (b) *Slake Durability Index* (I_d)

Pengaruh Semen Terhadap Nilai Degradasi dan Nilai Durabilitas Tanah Clayshale

Hasil pengujian *static slake index* berdasarkan pengaruh semen terhadap nilai degradasi tanah *clayshale* berupa kurva hubungan nilai I_s dengan jumlah siklus dan kurva hubungan nilai I_d dengan jumlah siklus yang berdasarkan metode pencampuran dan jenis cetakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Hasil yang diperoleh membuktikan bahwa tanah yang distabilisasi dengan semen memiliki nilai I_s yang lebih rendah dibandingkan dengan nilai I_s tanah asli. Rendahnya nilai I_s menunjukkan rendahnya degradasi yang berarti bahwa tanah tersebut mengalami tingkat pelapukan yang rendah.



(a)



(b)

Gambar 5 Kurva Hubungan Nilai *Slake Index* (I_s) dan Siklus Berdasarkan Metode Pencampuran (a) Cetakan 1 (b) Cetakan 2

Hasil *static slake index* (I_s) juga dapat menentukan tingkat klasifikasi tanah yang diuji termasuk ke dalam tingkat *slaking* tinggi ataupun rendah. Semakin tinggi *slaking* menunjukkan bahwa semakin tinggi degradasi yang dialami tanah tersebut begitu pula sebaliknya, semakin rendah *slaking* maka semakin rendah semakin rendah pula degradasi yang dialami tanah tersebut. Tingkat *slaking* tersebut dapat diklasifikasikan berdasarkan ketahanannya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4. Tabel tersebut berfungsi untuk mengetahui klasifikasi tingkat *slaking* yang dialami tanah ketika diuji menggunakan *static slake index test*. Hasil klasifikasi tersebut ditunjukkan seperti pada Tabel 5 dan diperkuat oleh Gambar 6 dan Gambar 7.

Tabel 4 Kelas dan Klasifikasi dari Nilai *Slake Index* (Oktaviani dkk., 2018)

Kelas	Nilai *Slake Index,* Is (%)	Klasifikasi
1	0-5	*Very Low*
2	5-10	*Low*
3	10-25	*Medium*
4	25-50	*High*
5	50-75	*Very High*
6	75-100	*Extremely Hight*

Tabel 5 Klasifikasi Tingkat *Slaking* Sampel Benda Uji

Spesimen Bentuk Cetakan 1						
Siklus	Kadar Semen (%)					
	0%	Klasifikasi	10% (*Dry Mixed*)	Klasifikasi	10% (*Spray Mixed*)	Klasifikasi
1	98,49	*Extremely Hight*	8,85	*Low*	2,86	*Very Low*
2	99,32	*Extremely Hight*	16,54	*Medium*	6,45	*Low*
3	99,37	*Extremely Hight*	24,35	*Medium*	10,77	*Medium*
4	99,42	*Extremely Hight*	30,68	*High*	14,65	*Medium*
5	99,46	*Extremely Hight*	37,21	*High*	18,54	*Medium*
Spesimen Bentuk Cetakan 2						
Siklus	Kadar Semen (%)					
	0%	Klasifikasi	10% (*Dry Mixed*)	Klasifikasi	10% (*Spray Mixed*)	Klasifikasi
1	97,90	*Extremely Hight*	31,75	*High*	7,81	*Low*
2	99,63	*Extremely Hight*	41,14	*High*	25,13	*High*
3	99,72	*Extremely Hight*	46,64	*High*	37,21	*High*
4	99,77	*Extremely Hight*	54,78	*Very High*	47,63	*High*
5	99,78	*Extremely Hight*	65,92	*Very High*	57,30	*Very High*

(a)

(b)

(c)

Gambar 6 Hasil Pengujian *Static Slake Index* pada Spesimen Cetakan 1 (a) Kadar Semen 0% (b) Kadar Semen 10% dengan Metode *Dry Mixed* (c) Kadar Semen 10% dengan Metodr *Spray Mixed*

(a)

(b)

(c)

Gambar 7 Hasil Pengujian *Static Slake Index* pada Spesimen Cetakan 2 (a) Kadar Semen 0% (b) Kadar Semen 10% dengan Metode *Dry Mixed* (c) Kadar Semen 10% dengan Metodr *Spray Mixed*

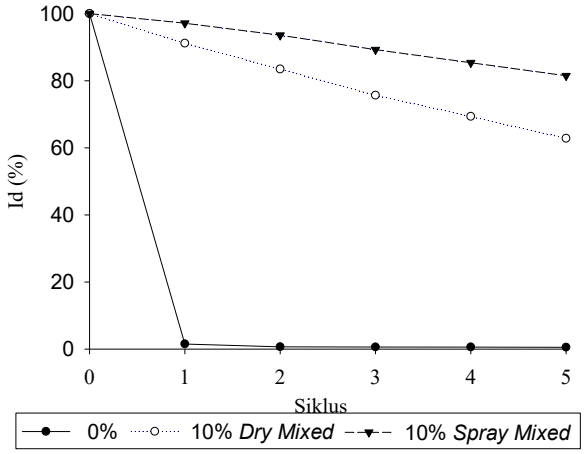
Hasil klasifikasi tersebut membuktikan bahwa tanah *clayshale* yang distabilisasi menggunakan semen memiliki tingkat *slaking* lebih rendah dibandingkan dengan tanah asli. Penambahan semen pada tanah *clayshale* membuktikan bahwa *treatment* tersebut dapat mengurangi degradasi yang terjadi pada jenis tanah ini ketika bersentuhan dengan air. Hal itu menandakan bahwa pelapukan tanah *clayshale* dapat diperbaiki dengan campuran semen.

Hasil pengujian *static slake index* juga dapat menganalisis nilai durabilitas (*slake durability index*) tanah yang digambarkan pada kurva hubungan antara $I_{d(1-5)}$ dengan siklus seperti yang ditunjukkan pada dan Gambar 8.

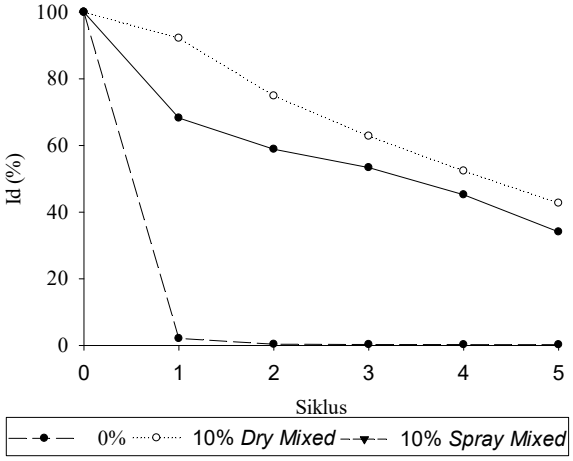
Nilai *slake durability index* (I_d) ini berbanding terbalik dengan nilai *slake index* (I_s) karena nilai ini merupakan hasil analisis durabilitas atau ketahanan dari tanah yang diuji. Berbeda dengan nilai *static slake index* (I_s)

yang merupakan hasil analisis degradasi atau *slaking* dari tanah yang diuji.

Hasil dari kurva tersebut menunjukkan bahwa tanah yang distabilisasi semen memiliki nilai durabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai durabilitas tanah asli. Hal ini disebabkan oleh semen yang terkandung dalam tanah membuat ikatan antar partikel tanah menjadi lebih kuat.



(a)

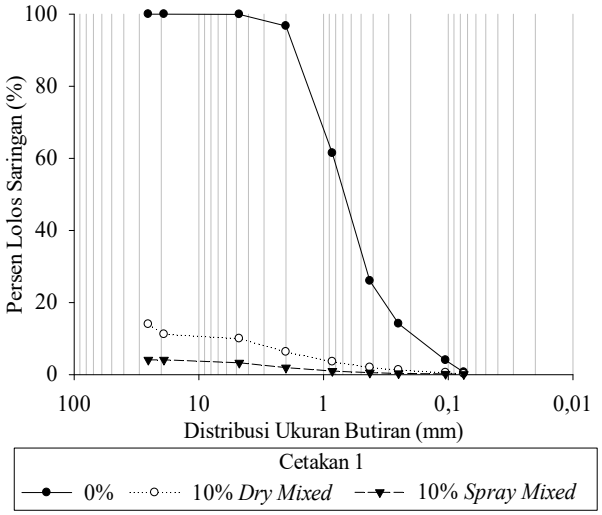


(b)

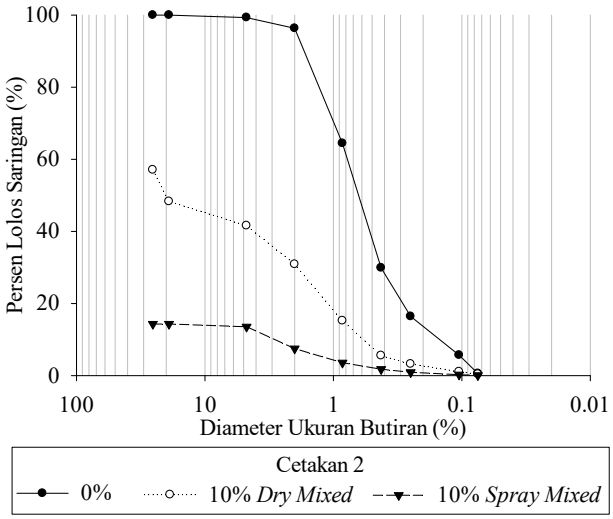
Gambar 8 Kurva Hubungan Nilai *Slake Durability Index* (I_d) dan Siklus Berdasarkan Metode Pencampuran (a) Cetakan 1 (b) Cetakan 2

Durabilitas tanah juga dapat ditinjau dari hasil analisis distribusi ukuran butiran yang digambarkan pada kurva analisis distribusi ukuran butiran seperti pada Gambar 9. Kurva tersebut menunjukkan hasil analisis distribusi ukuran butiran tanah asli dan hasil analisis distribusi ukuran butiran tanah yang sudah distabilisasi menggunakan semen setelah mengalami siklus 1 *drying-wetting*. Hal ini dikarenakan siklus pertama adalah siklus mengalami degradasi terbesar.

Hasil dari analisis distribusi ukuran butiran tanah tersebut menunjukkan bahwa tanah *clayshale* terstabilisasi semen memiliki butiran yang lebih besar dibandingkan butiran tanah asli. Hal ini disebabkan pada tanah *clayhale* yang terstabilisasi telah mengalami flokulasi dan aglomerasi.



(a)



(b)

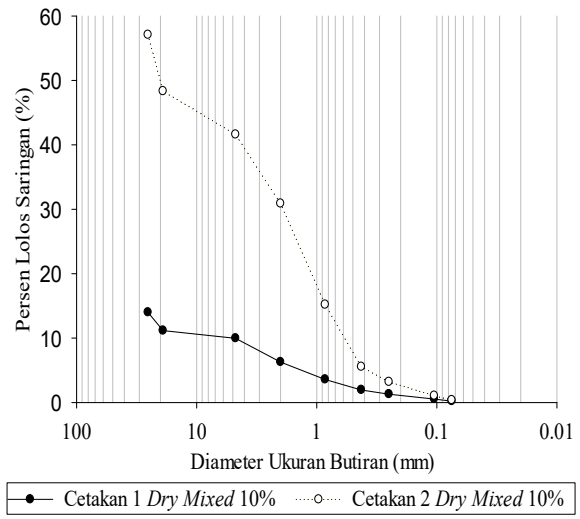
Gambar 9 Hasil Analisis Distribusi Ukuran Butir Tanah Pada Metode Pencampuran *Dry Mixed* dan *Spray Mixed* (a) Cetakan 1 (b) Cetakan 2

Menurut Wardani dan Muntohar (2018), flokulasi dan aglomerasi merupakan proses yang merubah tekstur tanah dari yang

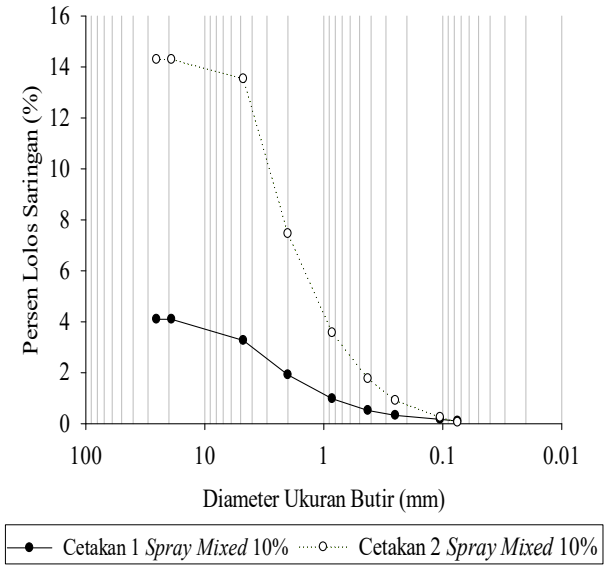
berukuran halus menjadi berukuran kasar. Kebenaran ini telah dibuktikan oleh pengujian yang dilakukan Prusinski dan Bhattacharja (1999) yang menyatakan bahwa tanah lempung yang distabilisasi menggunakan semen akan memperkuat ikatan antar partikel tanah menjadi gumpalan-gumpalan kasar yang diakibatkan proses flokulasi dan aglomerasi.

Pengaruh Bentuk Cetakan Benda Uji Terhadap Nilai Degradasi dan Durabilitas Tanah Terstabilisasi Semen

Berdasarkan jenis cetakan benda uji, hasil pengujian dapat dilihat dari kurva analisis ukuran butir tanah yang ditunjukkan pada Gambar 10. Kurva tersebut merupakan kurva analisis distribusi ukuran butir tanah *clayshale* yang telah distabilisasi menggunakan semen ketika melewati siklus pertama *drying-wetting*. Kurva tersebut menunjukkan bahwa spesimen pecahan cetakan 1 memiliki persen lolos saringan yang lebih kecil dibandingkan spesimen setengah cetakan 2. Hasil kurva tersebut membuktikan bahwa degradasi spesimen pecahan cetakan 1 lebih sedikit dibandingkan dengan degradasi spesimen setengah cetakan 2. Sehingga nilai durabilitas spesimen pecahan cetakan 1 lebih tinggi dibandingkan dengan nilai durabilitas spesimen setengah cetakan 2 dikarenakan nilai degradasi selalu berbanding terbalik dengan nilai durabilitas. Hal ini dikarenakan bentuk pecahan cetakan 1 memiliki sudut lebih sedikit bahkan tidak memiliki sudut dibandingkan bentuk setengah cetakan 2. Ketika sampel bersentuhan dengan air maka bagian yang paling cepat mengalami degradasi adalah bagian pinggir sampel benda uji. Oleh karena itu sampel benda uji yang memiliki sudut akan mengalami degradasi lebih cepat dibandingkan dengan sampel benda uji yang tidak memiliki sudat. Kebenaran dari hasil pengujian ini juga diperkuat oleh hasil pengujian yang telah dilakukan Ankara dkk. (2015) yang menjelaskan bahwa nilai *slake durability index* pada bentuk benda uji bulat lebih besar dibandingkan dengan nilai *slake durability index* pada bentuk benda uji kubus.



(a)

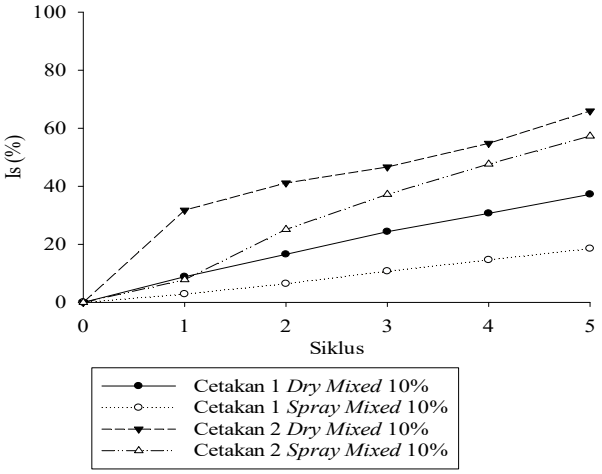


(b)

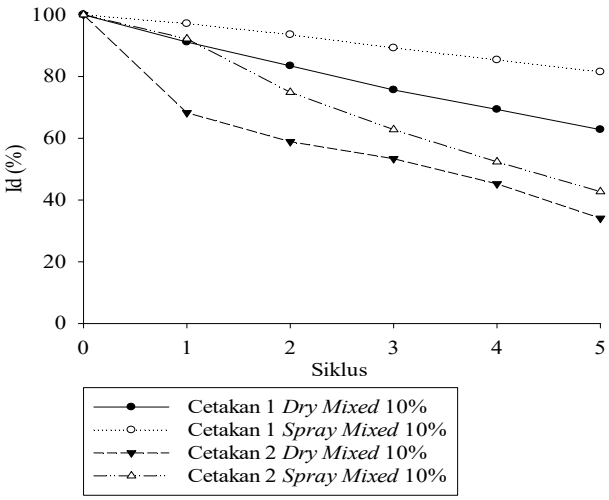
Gambar 10 Hasil Analisis Distribusi Ukuran Butir Tanah Pada Cetakan 1 dan Cetakan 2 (a) *Dry Mixed.* (b) *Spray Mixed*

Pengaruh Pencampuran Semen dengan Metode Dry Mixed Dan Spray Mixed terhadap Nilai Degradasi dan Durabilitas Tanah Clayshale

Hasil Pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 11 dan Gambar 12 yang merupakan kurva hubungan antara $I_{s(1-5)}$ dan $I_{d(1-5)}$ dengan jumlah siklus.



Gambar 11 Kurva Hubungan Nilai *Slake Index* (I_s) dan Siklus Berdasarkan Jenis Cetakan dan Metode Pencampuran



Gambar 12 Kurva Hubungan Nilai *Slake Durability Index* (I_d) dan Siklus Berdasarkan Jenis Cetakan dan Metode Pencampuran

Berdasarkan metode pencampuran semen, metode *spray mixed* memiliki nilai degradasi yang lebih kecil dan nilai durabilitas yang lebih besar dibandingkan dengan metode *dry mixed*. Kurva pada Gambar tersebut menunjukkan bahwa pada benda uji dengan metode *spray mixed* menghasilkan nilai I_s yang lebih rendah dan nilai I_d yang lebih tinggi dibandingkan benda uji dengan metode *dry mixed.* Hasil pengujian ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Pakbaz dan Farzi (2015) yang menyatakan tanah yang distabilisasi menggunakan semen dengan metode *spray mixed* lebih kuat dibandingkan tanah yang distabilisasi menggunakan semen dengan metode *dry mixed.* Hal ini dikarenakan pada metode *spray mixed*, air dan semen telah mengaktifkan reaksi hidrasi terlebih dahulu sebelum diserap oleh tanah.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil pengujian pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Terjadi penurunan nilai *slake index* (I_s) yang menunjukkan bahwa tanah *clayshale* yang terstabilisasi mengalami pengurangan degradasi dan peningkatan nilai *slake durability index* (I_d) akibat penambahan semen pada tanah *clayshale.*
b. Benda uji pecahan cetakan 1 relatif lebih sedikit mengalami degradasi dan lebih besar nilai durabilitasnya dibandingkan dengan benda uji cetakan 2 pada tanah *clayshale* terstabilisasi.
c. Metode *spray mixed* merupakan metode yang relatif lebih mengurangi degradasi pelapukan dan lebih meningkatkan nilai durabilitas tanah *clayshale* terstabilisasi dibandingkan dengan metode *dry mixed*.

Daftar Pustaka

Alatas, I. M., Kamaruddin, S. A., Nazir, R., & Irsyam, M. (2016). Effect of weathering on disintegration and shear strength reduction of clay shale. *Jurnal Teknologi*, *78*(7–3), 93–99.

Alatas, I. M., Kamaruddin, S. A., Nazir, R., Irsyam, M., & Himawan, A. (2015). Shear strength degradation of Semarang Bawen clay shale due to weathering process. *Jurnal Teknologi*, *77*(11), 109–118.

Alatas, I. M., & Simatupang, P. T. (2017). Pengaruh Proses Pelapukan Clay Shale terhadap Perubahan Parameter Rasio Disintegritas (DR). *Jurnal Teknik Sipil*, *24*(1), 77–82.

Ankara, H., Kandemir, S. Y., & Çiçek, F. (2015). Compression of Slake Durability Index (SDI) Values of Sphere and Rounded Marl Samples. *Procedia Earth and Planetary Science*, *15*, 93–98.

Celestine, A., & Ngon, F. (2016). Geotechnical

Properties and Slaking Characteristics of Shales in the Calabar Flank , Southeastern Nigeria. *Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering*, *6*(1), 123–133.

Grainger, P. (1984). The classification of mudrocks for engineering purposes. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, *17*, 381–387.

Oktaviani, R., Rahardjo, P. P., & Sadisun, I. A. (2018). The Clay Shale Durability Behavior of Jatiluhur Formation Based on Dynamic and Static Slaking Indices. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, *9*(5), 1266–1281.

Pakbaz, M. S., & 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*, *105–106*, 156–169.

Prusinski, J. R., & Bhattacharja, S. (1999). Effectiveness of Portland Cement and Lime in Stabilizing Clay Soils. *Transportation Research*, 215–227.

Sadisun, I. A., Bandono, Shimada, H., Ichinose, M., & Matsui, K. (2010). Physical Disintegration Characterization of Mudrocks Subjected to Slaking Exposure and Immersion Tests. *Jurnal Geologi Indonesia*, *5*(4), 219–225.

Sadisun, I. A., Shimada, H., Ichinose, M., & Matsui, K. (2005). Study on the physical disintegration characteristics of Subang claystone subjected to a modified slaking index test. *Geotechnical and Geological Engineering*, *23*(3), 199–218.

Wardani, S. P. R., & Muntohar, A. S. (2018). *Perbaikan Tanah* (Edisi ke-2). Lembaga Penelitian, Publikasi, dan Pengabdian Masyarakat (LP3M),Yogyakarta