

Perbandingan Metode Pencampuran Dan Bentuk Spesimen *Siltstone* Yang Distabilisasi Semen Pada Pengujian Durabilitas Statis

Edi Hartono*

*Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

DOI: <https://doi.org/10.18196/bce.v5i1.22430>

Article History

Received

21 Mei 2024

Revised

2 January 2025

Accepted

15 Februari 2025

*Correspondence Author

edi.hartono@umy.ac.id

Abstrak

Banyak konstruksi berada diatas batuan sedimen siliklastik seperti *siltstone*. *Siltstone* mudah mengalami pelapukan karena iklim. Tanah sebagai dasar dari bangunan harus mempunyai ketahanan jangka panjang dalam menerima beban. *Siltstone* yang mengalami siklus pembasahan – pengeringan mudah lapuk dan menurun daya dukung dan durabilitasnya. Rendahnya durabilitas *siltstone* yang telah lapuk dapat diperbaiki dengan stabilisasi secara kimia menggunakan semen. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh stabilisasi semen terhadap tanah *siltstone* melalui metode pengujian degradasi yang dinamakan *static slake index test*. Pengujian ini menggunakan dua metode pencampuran semen yaitu pencampuran kering (*dry mixed*) dan pencampuran basah (*spray mixed*). Kadar semen yang digunakan 10% yang dibandingkan dengan spesimen tanpa stabilisasi. Spesimen pada pengujian ini dibuat dengan dua variasi yaitu bentuk tidak beraturan menyerupai fragmen alami dan bentuk silinder berukuran diameter 3,5 mm dan tinggi 3,5 mm. Kedua jenis specimen mempunyai berat masing-masing antara 40g-60g. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan semen 10% mampu menurunkan tingkat pelapukan pada *siltstone* sebesar 70%-80%. Degradasi spesimen setelah pengujian pada metode pencampuran kering dan bentuk silinder lebih tinggi dibandingkan metode basah dan bentuk fragmen.

Kata-kata kunci: *siltstone*, stabilisasi semen, *slake index*, *dry mix*, *spray mix*

Abstract

Many constructions are on siliciclastic sedimentary rocks such as *siltstone*. *Siltstone* is subject to weathering due to climate. As the base of a building, soil must have long-term durability when accepting loads. *Siltstone* subjected to wetting-drying cycles is easily weathered, decreasing its bearing capacity and durability. The low durability of weathered *siltstone* can be improved by chemical stabilization using cement. This study aims to analyze the effect of cement stabilization on *siltstone* soil through a static slaking method called *static slake index test*. This test uses two cement mixing methods: *dry* and *spray mixed*. The cement content used was 10%, compared to unstabilized specimens. The specimens in this test were made with two variations: irregular shapes resembling natural fragments and cylindrical shapes measuring 3.5 mm in diameter and 3.5 mm in height. Both types of specimens weighed between 40g-60g each. The test results showed that adding cement decreased *siltstone's* 70%-80% weathering rate. The degradation of specimens after testing in the *dry* mixing method and cylindrical is higher than that in the wet and fragment shape processes.

Keywords: *siltstone*, cement stabilitation, *slake index*, *dry mix*, *spray mix*.

© 2025. Bulletin of Civil Engineering UMY

1 PENDAHULUAN

Sebagian besar tanah merupakan lapukan batuan. Tanah sebagai dasar bangunan merupakan faktor penting kestabilan bangunan. Penyebab dari permasalahan yang sering kali terjadi pada pekerjaan infrastruktur seperti jalan raya, gedung, terowongan, dan sebagainya adalah rendahnya kuat dukung dan buruknya sifat-sifat tanah (Wardani dan Muntohar, 2018). Turunnya daya dukung banyak disebabkan karena menurunnya durabilitas tanah dalam jangka panjang yang dipengaruhi oleh iklim (Hartono dkk., 2023). Rendahnya kuat dukung tanah menjadi faktor yang akan membahayakan struktur

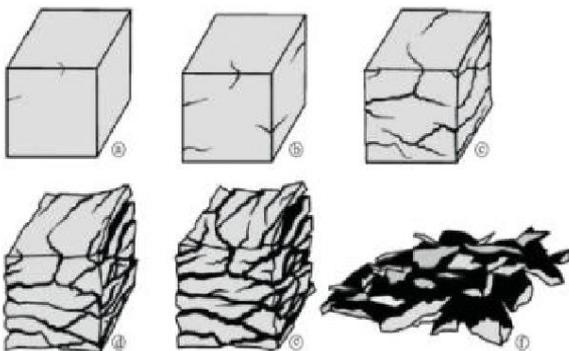
bangunan di atasnya. Banyak kasus kegagalan struktur lereng maupun timbunan terjadi pada batuan sedimen di Indonesia. Perubahan tata guna lahan yang disertai penggalian maupun penimbunan dalam suatu proyek akan membuka lapisan bawah permukaan. Beberapa contoh kasus misalnya longsor timbunan badan jalan ruas tol Cipularang km 97+500 pada Februari 2006, longsor timbunan lereng sport center Hambalang pada Mei 2012, longsor tebing jalan tol Semarang - Bawen km 440+000 pada April 2014 (Alatas dkk., 2015) serta longsor tebing tol Ungaran – Bawen km 441+800 pada April 2018 seperti dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Longsor Tol Ungaran-Bawen

Salah satu jenis batuan sedimen siliklastik yang memiliki nilai durabilitas rendah jika telah lapuk adalah *siltstone*. *Siltstone* 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. Alatas dkk. (2016) menyatakan bahwa *siltstone* adalah jenis tanah yang mudah mengalami pelapukan jika terpapar atmosfer dan hidrosfer serta siklus *wetting-drying*. *Siltstone* merupakan batuan sedimen siliklastik yang sangat halus terbentuk dari lanau dan lempung. Dikatakan sangat halus dikarenakan berat partikel dengan ukuran diameter butiran kurang dari 60 μm lebih dari 35% dari berat total batuan tersebut (Hartono dkk., 2018). Sadisun dkk. (2010) menyatakan bahwa batuan sedimen siliklastik diantaranya adalah *clayshale*, *siltstone*, *mudstone*, dan *claystone* yang memiliki sifat yang sama yaitu mudah terkikis apabila terjadi perubahan kadar air pada jenis batuan tersebut.

Pelapukan dapat terjadi karena proses alami sebagai akibat dari pengaruh kontak dengan udara dan air. Pelapukan dalam pengertian berubahnya ukuran fragmen menjadi lebih kecil karena pecah atau abrasi dapat terjadi akibat proses konstruksi maupun pembebanan saat masa layan. Tingkat pelapukan *siltstone* tergantung dari karakteristik teknik dan geologi batuan. Kebanyakan batuan siliklastik mengalami pelapukan dengan cepat setelah terekspos dan beberapa yang lain butuh waktu sampai beberapa tahun hingga benar-benar lapuk. Perubahan akibat pelapukan dapat berupa disintegrasi fisik atau dekomposisi kimia. Proses perubahan fisik batuan sedimen siliklastik akibat pelapukan seperti diilustrasikan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses Pelapukan Batuan Sedimen Siliklastik Ketika Terekspos oleh Atmosfer dan Hidrosfer (Alatas dkk., 2016)

Pengujian durabilitas dinamis atau *slake durability* yang banyak digunakan untuk uji durabilitas mempunyai kelemahan yaitu tidak bisa memperkirakan tingkat pelapukan langsung yang disebabkan faktor selain sifat batuan seperti pengaruh iklim. Pengujian durabilitas dengan menirukan kondisi sebenarnya adalah pengujian *slaking* statis yang dilakukan menyesuaikan geografi lokasi atau iklim, dimana benda uji memungkinkan mengalami proses pemanasan-pendinginan (*heating-cooling*), pembasahan-pengeringan (*wetting-drying*), atau pembekuan-pencairan (*freezing-thawing*). Secara umum pengujian durabilitas statis merupakan pengujian yang sederhana dan dapat diandalkan ketika standar pengujian *slake durability* tidak bisa dilakukan, khususnya untuk jenis batuan sedang dan batuan rendah durabilitasnya (Sadisun dkk., 2005).

Salah satu kelemahan metode ini adalah banyaknya penelitian uji *slaking* menggunakan prosedur pengujian yang berbeda-beda. Pengujian durabilitas statis ini dikembangkan oleh beberapa peneliti dengan tiga cara yaitu *natural weathering test*, *slake index test* dan *jar slake test*. Oktaviani dkk. (2018) menyatakan bahwa salah satu pengujian yang cocok digunakan untuk menganalisis disintergrasi fisik dari jenis batuan siliklastik adalah pengujian *static slake index*. *Static slake index test* adalah pengujian untuk mengetahui degradasi atau pelapukan ketika mengalami siklus pengeringan dan pembasahan (*wetting-drying*).

Bentuk spesimen juga mempengaruhi dalam pengujian durabilitas. Agustawijaya (2003) melakukan pengujian untuk mengetahui pengaruh bentuk specimen pada pengujian durabilitas dinamis. Hasil pengujiannya menyimpulkan bahwa proses *slaking* dipengaruhi oleh bentuk dan ukuran spesimen. Pada spesimen dengan ukuran lebih besar dan bentuk blok, maka mekanisme geser akan lebih dominan dibandingkan mekanisme jatuh. Selama mekanisme tersebut, spesimen mengalami aus dan hancur (*crushing*).

Stabilisasi kimia dengan menggunakan semen dapat dilakukan dengan dua cara: *dry mixing* atau pencampuran kering dan *wet mixing* atau pencampuran basah. Metode pencampuran ini mempengaruhi hasil akhir dari stabilisasi tanah. Pakbaz & Farzi., (2015) melakukan pengujian stabilisasi tanah dengan kapur dengan metode *wet and dry* pada tinjauan mekanis dan hidraulis. Hasil pengujiannya menunjukkan bahwa campuran tanah dengan metode basah lebih kuat dibandingkan dengan campuran kering.

Dari latarbelakang diatas diketahui bahwa banyak konstruksi yang berdiri diatas jenis batuan sedimen yang mudah lapuk. Teknik stabilisasi kimia dapat dilakukan untuk memperbaiki daya dukung dan durabilitas. Banyak hal yang dapat mempengaruhi keberhasilan stabilisasi. Metode pencampuran dan bentuk specimen mempengaruhi hasil pengujian. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh metode pencampuran kering dan basah (*dry mixed* dan *spray mixed*) dan bentuk specimen (fragmen dan silinder) pada stabilisasi *siltstone* yang telah lapuk untuk diuji durabilitas dengan metode *static slake index*.

2 METODE PENELITIAN

Tanah pada pengujian ini merupakan *Siltstone* yang berasal dari Area Tol Ungaran-Bawen, Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Pada pengujian *static slake index*, tanah yang digunakan adalah *siltstone* yang telah mengalami pelapukan dan lolos saringan No.4. Semen merupakan bahan stabilisasi tanah. Semen yang digunakan pada penelitian ini merupakan semen jenis *Ordinary Portland Cement* (OPC) yang menjadi bahan tambah pada sampel yang akan diuji. Penggunaan semen OPC ini terbukti dapat meningkatkan kekuatan (*strenght*) dan masih perlu banyak kajian dalam pengaruhnya terhadap nilai durabilitas tanah. 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 *Optimum Moisture Content* (OMC).

Volume benda uji terlebih dahulu ditentukan dengan cara mengukur dimensi cetakan seperti diameter dan tinggi. Komposisi tanah, semen dan air dihitung berdasarkan nilai *Maximum Dry Density* (MDD) serta *Optimum Moisture Content* (OMC). Pengujian ini menggunakan dua jenis cetakan yaitu cetakan 1 (diameter 70 mm dan tinggi 140 mm) dan cetakan 2 (diameter 35 mm dan tinggi 70 mm). Pemeraman benda uji yang distabilisasi semen sampai umur 7 hari. Hasil dari spesimen cetakan 1 kemudian dipecah menjadi bentuk fragmen dengan berat 40-60 g (Gambar 2) dan hasil spesimen cetakan 2 dipadatkan sampai setengah tinggi cetakan (diameter 35 mm dan tinggi 35 mm) berbentuk silinder seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Hasil pengujian pada Tabel 1 menunjukkan bahwa pasta semen dengan perbandingan air semen sebesar 0,7 memberikan nilai *efflux* yang mendekati air. Menurut ASTM (2002) dalam standar C939-02, *efflux* adalah waktu yang dibutuhkan material *grouting* bervolume 1725 ml untuk mengalir habis melalui celah berdiameter 1,27 mm. Perbandingan air semen ditentukan berdasarkan kemampuan *sprayer* untuk menyemprotkan pasta yang cukup cair sehingga penyebaran semprotannya menjadi efektif. Hasil ini digunakan untuk menentukan faktor air semen pada metode basah (*spray mixed*).

Tabel 1 Hasil Pengujian *Flow Cone Test*

Perbandingan air semen	Efflux rata-rata (detik)	Efflux air rata-rata (detik)
0,5	17,49	8,54
0,6	9,24	7,16
0,7	8,05	7,12
0,8	8,05	6,91
0,9	7,36	6,91
1	7,24	6,91

Pembuatan spesimen dalam pengujian ini menggunakan dua metode pencampuran yaitu metode kering (*dry mixed*) dan metode basah (*spray mixed*). Semen yang dicampurkan pada dua metode ini sebanyak 10% dari total massa tanah kering benda uji. Pada pencampuran metode kering, tanah yang telah dioven dicampur dengan bubuk semen sesuai komposisi kemudian ditambahkan air dan diaduk hingga merata.

Pada metode *spray mixed* tanah dan Sebagian air dicampurkan kemudian disemprot dengan pasta semen. Pada kedua metode jumlah air yang ditambahkan dalam adukan sesuai OMC sebesar 25%. Faktor air semen sebesar 0,7 sesuai hasil pengujian *efflux* pada Tabel 1.

Pengujian *static slake index* ini merupakan pengujian sederhana namun dapat diandalkan untuk mengetahui nilai *slaking* (Sadisun dkk., 2005). 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. Pengujian ini terdiri dari delapan variasi yang berbeda berdasarkan metode pencampurannya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kelompok Benda Uji Berdasarkan Metode Pencampurannya

Benda Uji	Kadar Semen	Metode Pencampuran	Jumlah Siklus
Fragmen	0%	<i>Dry Mix</i>	5
Fragmen	0%	<i>Spray Mix</i>	5
Fragmen	10%	<i>Dry Mix</i>	5
Fragmen	10%	<i>Spray Mix</i>	5
Silinder	0%	<i>Dry Mix</i>	5
Silinder	0%	<i>Spray Mix</i>	5
Silinder	10%	<i>Dry Mix</i>	5
Silinder	10%	<i>Spray Mix</i>	5



Gambar 2. Spesimen Bentuk Fragmen



Gambar 3. Spesimen Bentuk Silinder

Slake index adalah nilai yang menunjukkan besarnya tingkat degradasi pada pengujian durabilitas statis. Semakin tinggi nilai *slake index* maka spesimen semakin terdegradasi atau tidak durabel. Nilai *slake index* (I_s) dapat dihitung berdasarkan pada Persamaan 1 berikut:

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

dimana, I_s = *slake index* (%), W_x = berat mangkok dan tanah kering oven kondisi akhir (g), W_x' = berat mangkok dan tanah kering oven kondisi awal siklus 1 (g) dan B = berat mangkok (g).

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Data-data hasil pengujian berat jenis, gradasi butiran tanah, Atterberg limit, dan pematatan tanah disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sifat-Sifat Fisis Tanah *Siltstone*

Variabel	Hasil
Berat jenis, G_s	2,58
Pasir (%)	50,90
Lanau-lempung (%)	49,10
Batas cair, LL (%)	37,50
Batas plastis, PL (%)	22,00
Indeks plastisitas, PI (%)	15,51
Kadar air optimum, OMC (%)	25,00
Berat vol. kering maks, MDD (kN/m^3)	14,80

Nilai *slake index* dihitung pada setiap siklus dengan menimbang berat saat pengeringan setelah mengalami pembasahan dan pengeringan seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 1. Pengujian dilakukan dari siklus 1 sampai siklus 5. Hasil pengujian durabilitas statis dari benda uji silinder dan fragmen seperti ditunjukkan pada Tabel 4 sampai Tabel 7.

Tabel 4. Nilai *Slake Index* (I_s) Hasil Pengujian Benda Uji Silinder

Siklus	Tanpa Stabilisasi		Klasifikasi
	<i>Dry mix</i> (%)	<i>Spray Mix</i> (%)	
1	91,68	91,68	<i>Extremely High</i>
2	92,77	92,77	<i>Extremely High</i>
3	92,88	92,88	<i>Extremely High</i>
4	93,03	93,03	<i>Extremely High</i>
5	93,12	93,12	<i>Extremely High</i>

Tabel 5. Nilai *Slake Index* (I_s) Hasil Pengujian Benda Uji Silinder

Siklus	Kadar Semen 10%		Klasifikasi
	<i>Dry mix</i> (%)	<i>Spray Mix</i> (%)	
1	18,24	12,15	<i>Medium</i>
2	18,60	12,67	<i>Medium</i>
3	19,20	13,01	<i>Medium</i>
4	19,60	13,10	<i>Medium</i>
5	20,44	13,31	<i>Medium</i>

Tabel 6. Nilai *Slake Index* (I_s) Hasil Pengujian Benda Uji

Siklus	Fragmen		Klasifikasi
	Tanpa Stabilisasi		
	<i>Dry mix</i> (%)	<i>Spray Mix</i> (%)	
1	87,93	87,93	<i>Extremely High</i>
2	88,03	88,03	<i>Extremely High</i>
3	88,53	88,53	<i>Extremely High</i>
4	88,56	88,56	<i>Extremely High</i>
5	88,80	88,80	<i>Extremely High</i>

Tabel 7. Hasil Pengujian Benda Uji Fragmen

Siklus	Kadar Semen 10%		Klasifikasi
	<i>Dry mix</i> (%)	<i>Spray Mix</i> (%)	
1	0,29	0,28	<i>Verry Low</i>
2	0,59	0,48	<i>Verry Low</i>
3	0,80	0,68	<i>Verry Low</i>
4	1,00	0,79	<i>Verry Low</i>
5	1,20	0,99	<i>Verry Low</i>

3.1 Pengaruh Stabilisasi *Siltstone* dengan Semen terhadap Degradasi

Hasil dari pengujian *slake index* menunjukkan bahwa pada spesimen silinder *siltstone* yang tidak distabilisasi mengalami degradasi lebih dari 90%, sedangkan *siltstone* yang distabilisasi semen 10% mengalami degradasi lebih kecil yaitu kurang dari 21%. Pada spesimen fragmen untuk *siltstone* tanpa stabilisasi mengalami degradasi lebih dari 87% sedangkan yang distabilisasi semen 10% mengalami degradasi lebih kecil yaitu kurang dari 2%.

Hasil ini menunjukkan bahwa stabilisasi semen pada *siltstone* dengan kadar semen 10% mampu mengurangi degradasi yang terjadi kurang lebih sekitar 70%-80%. Hal tersebut terjadi karena reaksi hidrasi dari semen yang memberikan dampak terhadap kekuatan ikat semen dan bahan pozzolan dalam jangka waktu panjang yang menyebabkan kekuatan tanah meningkat seiring bertambahnya waktu. Penambahan semen pada tanah akan meningkatkan ketahanan dan kekuatan pada tanah (Djelloul dkk., 2017). Banyaknya jumlah pembasahan juga dapat mempengaruhi degradasi spesimen (Alatas dan Simatupang, 2017). Air merupakan faktor utama yang mempengaruhi degradasi suatu tanah (Qi dan Sui, 2014).

3.2 Pengaruh Metode Pencampuran Semen terhadap Degradasi

Hasil dari pengujian *slake index* menunjukkan bahwa degradasi pada *siltstone* yang distabilisasi semen 10% spesimen silinder dan spesimen fragmen pencampuran kering (*dry mixed*) lebih tinggi dibandingkan dengan pencampuran basah (*spray mixed*). Semakin tinggi nilai degradasinya maka semakin rendah ketahanannya ketika diperlakukan proses pengeringan dan pembasahan. Pakbaz dan Farzi (2015) menyatakan bahwa metode pencampuran *spray mixed* (pencampuran basah) lebih kuat dibandingkan *dry mixed* (pencampuran kering). Hal tersebut terjadi karena adanya reaksi hidrasi pada semen saat dicampur dengan air sehingga ketika semen dan air yang sudah tercampur ditambahkan ke *siltstone* akan

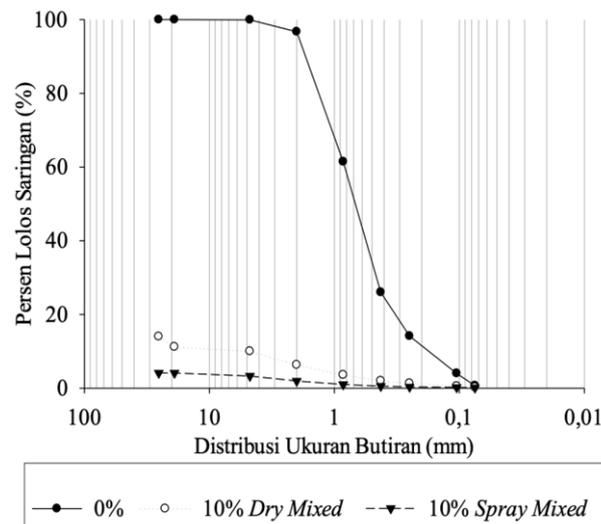
menjadi spesimen yang lebih keras dibandingkan dengan mencampur semen, air dan *siltstone* secara bersamaan.

3.3 Pengaruh Bentuk Spesimen terhadap Degradasi

Hasil dari pengujian *slake index* menunjukkan bahwa pada spesimen silinder degradasinya lebih besar dibandingkan pada spesimen fragmen. Hal tersebut menunjukkan bahwa bentuk spesimen berpengaruh terhadap nilai *slake index*. Kolay dan Kayabali (2006) dalam Aksoy dkk (2019) menyatakan bahwa degradasi sering terjadi pada spesimen yang memiliki bentuk permukaan yang bersudut dan kasar. Hal tersebut terjadi karena gesekan antar spesimen saat direndam dengan air sehingga menyebabkan degradasi lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen yang berbentuk seperti bola.

3.4 Pengaruh Stabilisasi Terhadap Gradasi Butiran Tanah

Pengaruh stabilisasi terhadap gradasi butiran tanah pada dua bentuk spesimen ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5. Hasil tersebut diperoleh dari pengujian gradasi butiran tanah dengan menggunakan metode analisis saringan setelah dilakukan uji *slake index* pada siklus 1.

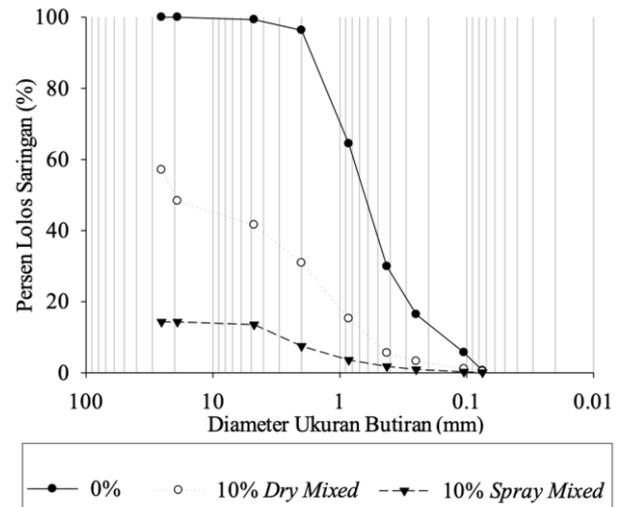


Gambar 4. Distribusi Ukuran Butir Tanah Pada Metode Pencampuran *Dry Mixed* dan *Spray Mixed* Bentuk Spesimen Fragmen.

Durabilitas tanah juga dapat ditinjau dari hasil analisis distribusi ukuran butiran yang digambarkan pada kurva analisis distribusi ukuran butiran. Keberhasilan stabilisasi antara lain diindikasikan dengan semakin besarnya ukuran butiran tanah karena proses flokulasi dan aglomerasi. Pada pengujian ini dilakukan analisis saringan pada setiap siklus. Gambar 4 dan Gambar 5 merupakan kurva distribusi ukuran butiran tanah asli dan 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 tersebut menunjukkan bahwa tanah *siltstone* yang distabilisasi semen memiliki butiran yang lebih besar dibandingkan butiran tanah asli. Hal ini disebabkan pada tanah *siltstone* yang stabilisasi

semen dan melalui masa pemeraman 7 hari telah mengalami flokulasi dan aglomerasi.



Gambar 5. Distribusi Ukuran Butir Tanah Pada Metode Pencampuran *Dry Mixed* dan *Spray Mixed* Bentuk Spesimen Silinder.

Menurut Wardani dan Muntohar (2018), flokulasi dan agromerasi 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 agromerasi.

4 KESIMPULAN

Stabilisasi semen sebesar 10% pada *siltstone* mampu mengurangi degradasi sebesar 70%-80%. Spesimen bentuk silinder tanpa stabilisasi mempunyai nilai *slake index* lebih dari 90% dengan klasifikasi degradasi *extremely high*, sedangkan yang distabilisasi semen 10% degradasi nya lebih kecil yaitu kurang dari 21% dengan klasifikasi degradasi *medium*. Spesimen bentuk fragmen pada *siltstone* tanpa stabilisasi mempunyai nilai *slake index* lebih dari 87% dengan klasifikasi *extremely high*, sedangkan yang distabilisasi semen 10% degradasi nya lebih kecil yaitu kurang dari 2% dengan klasifikasi *very low*. Bentuk spesimen mempengaruhi degradasi dan durabilitasnya. Spesimen fragmen mempunyai durabilitas yang lebih baik yang ditunjukkan dengan *slake index* yang lebih kecil. Metode pencampuran semen juga mempengaruhi durabilitas. Spesimen yang dicetak dengan metode pencampuran basah (*spray mixed*) mempunyai ketahanan yang lebih baik dibandingkan dengan pencampuran metode kering (*dry mixed*).

5 UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada pihak Laboratorium Geoteknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta antara lain laboran dan asisten atas bantuannya. Terima kasih juga kepada kelompok penelitian stabilisasi batuan sedimen Tim Dian N. P dkk.

6 DAFTAR PUSTAKA

- Agustawijaya, D.S., 2003. Modelled Mechanisms in the Slake-Durability Test for Soft Rocks. *Dimensi Teknik Sipil*, Vol. 5, pp. 87-92.
- Aksoy, M., Ankara, H., & Kandemir, S. Y. (2019). Preparation and evaluation of spherical samples for Slake Durability Index test. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-8.
- Alatas, I. M. et al. 2015. "Shear Strength Degradation of Semarang Bawen Clay Shale Due to Weathering Process." *Jurnal Teknologi* 77(11): 109-18.
- Alatas, I. M., S. A. Kamaruddin, R. Nazir, and M. Irsyam. 2016. "Effect of Weathering on Disintegration and Shear Strength Reduction of Clay Shale." *Jurnal Teknologi* 78(7-3): 93-99.
- Alatas, I.M. and Simatupang, P.T., 2017, Pengaruh Proses Pelapukan Clay Shale terhadap Perubahan Parameter Rasio Desintegritas (DR), *Journal of Civil Engineering*, 24(1), 77-82.
- ASTM, 2002. Standard Test Method for Flow of Grout for Preplaced-Aggregate Concrete (Flow Cone Method), C 939 - 02, West Conshohocken, Pennsylvania.
- 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*, 1-16.
- Hartono, E., Diana, W., Hendriana, J. W., 2023. Study of compressive strength and durability of geopolymer stabilized clay shale with fly ash binder and 12M NaOH content, *The 2nd International Symposium on Civil, Environmental, and Infrastructure Engineering*, AIP Conf. Proc. 2846, 050004-1-050004-14; <https://doi.org/10.1063/5.0154887>.
- Hartono, E., Wardani, S. P. R., Muntohar, A. S. M., 2018. The effect of cement stabilization on the strength of the Bawen's siltstone, 4th International Conference on Rehabilitation and Maintenance in Civil Engineering , MATEC Web of Conferences 195, 03012.
- Kolay, E., Kayabali, K., 2006. Investigation of the effect of aggregate shape and surface roughness on the slake durability index using the fractal dimension approach, *Engineering Geology*, Vol. 86, pp. 271-284.
- Oktaviani, R., Rahardjo, 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. 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.
- Prusinski, J. R., and S. Bhattacharja. 1999. "Effectiveness of Portland Cement and Lime in Stabilizing Clay Soils." *Transportation Research*: 215-27.
- Qi, Jianfeng; dan Sui, Wanghua. 2014. Slake Durability of a Deep Red Stratum Sandstone Under Different Environments, *An Interdisciplinary Response to Mine Water Challenges*. 230-234.
- 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.
- Sadisun, I.A., Bandono, B., Shimada, H., Ichinose, M., Matsui, K., 2010. "Physical Disintegration Characterization of Mudrocks Subjected to Slaking Exposure and Immersion Tests." *Jurnal Geologi Indonesia* 5(4): 219-25.
- Wardani, S. P. R., and A. S. Muntohar. 2018. *Perbaikan Tanah*. Edisi ke-2. Yogyakarta: Lembaga Penelitian, Publikasi, dan Pengabdian Masyarakat (LP3M).