

Studi Tentang Karakteristik Tanah-Semen yang Terpadatkan dengan Metode Slake Durability

Study of Compacted Soil-Cement Characteristic with Slake Durability Test

Rifqi Pamaseta, Edi Hartono, Agus Setyo Muntohar

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Ketahanan tanah dengan campuran semen adalah salah satu cara stabilisasi yang menarik untuk diteliti. Penelitian ini menggunakan sampel tanah jenis *siltstone*, dimana tanah jenis ini memiliki sifat kuat dukung yang mudah menurun apabila mengalami siklus basah kering. Kondisi kuat dukung yang mudah menurun ini erat kaitannya dengan ketahanan dari tanah tersebut, apabila ketahanannya rendah maka kuat dukungnya akan rendah. Pengujian ini meneliti bagaimana pengaruh stabilisasi dengan menggunakan semen terhadap ketahanan dari sampel benda uji yang mengalami siklus basah kering. Pengujian ini juga memperhatikan bagaimana pengaruh campuran semen terhadap nilai berat jenis, batas-batas *Atterberg* dan gradasi butiran. Pengujian ketahanan menggunakan metode *slake surability* berdasarkan ASTM D 4644. Pembuatan sampel dibuat dengan cara dipadatkan, yang berdasarkan pada nilai kadar air optimum (OMC) dan berat volume tanah kering maksimum (MDD) pada pengujian pemadatan tanah tanpa campuran semen terlebih dahulu. Hasil pada penelitian ini menunjukkan bahwa: OMC diperoleh sebesar 25% dan MDD sebesar 14,8 kN/m³; nilai berat jenis meningkat dari 2,58 menjadi 2,73 akibat penambahan semen; nilai pada batas-batas *Atterberg* mengalami perubahan, dimana nilai batas cair (LL) menurun dari 37,5% menjadi 34,00%, batas plastis (PL) meningkat dari 21,99% menjadi 33,44%, batas susut (SL) meningkat dari 17,05% menjadi 31,43% dan indeks plastisitas (PI) menurun dari 15,51% menjadi 0,56%; ukuran butir tanah mengalami peningkatan akibat penambahan semen; ketahanan tanah meningkat akibat penambahan semen dari klasifikasi ketahanan rendah menjadi klasifikasi ketahanan sedang dan tinggi.

Kata kunci: tanah siltstone, semen, ketahanan, pemadatan, *slake durability*.

Abstract. Durability of sil-cement mixture is one of the stabilization method which is interesting to be studied. This research use siltstone soil samples, which this type of soil has a load-bearing capacity characteristic that decreases when subjected to wetting-drying cycle. This condition is closely related to the durability of the soil, if it has low durability then its support capacity will be low as well. The concern of the research is to study the effect of cement stabilization on the durability of the specimens, undergoing a wetting-drying cycle, and also on the specific gravity values, Atterberg limit and grain-size distribution. Durability test using slake surability method based on ASTM D 4644. The samples were made at first without using cement, by applying compaction, based on optimum moisture content (OMC) and maximum dry density (MDD) on soil compaction test. The results of this study show that: OMC obtained 25% and MDD of 14.8 kN /m³; the value of specific gravity is increased from 2,58 to 2,73 due to the addition of cement; the value at the Atterberg limit changes, where the liquid limit value (LL) decreases from 37,5% to 34,00%, the plastic limit (PL) increases from 21,99% to 33,44%, the shrinkage limit (SL) increases from 17,05% to 31,43% and the plasticity index (PI) decreases from 15,51% to 0,56%; the grain size of the soil has increased due to the addition of cement; soil resistance increased due to the addition of cement from low durability classification to medium and high durability classification.

Keywords: siltstone soil, cement, durability, compacting, slake durability.

1. Pendahuluan

Pada banyak pekerjaan konstruksi sipil seperti jalan raya, bangunan gedung, bendungan, dan sebagainya, seringkali dihadapkan pada permasalahan rendahnya kuat dukung dan buruknya sifat-sifat tanah lainnya (Muntohar, 2018). Terlebih lagi tanah yang kuat dukung setelahnya menjadi semakin rendah maka akan membahayakan konstruksi di atasnya. Daya dukung tanah ini erat kaitannya dengan ketahanan (*durability*). Apabila ketahanan dari tanah tersebut rendah maka daya dukung yang dimilikinya akan rendah, dan begitu juga sebaliknya. Ketahanan tanah adalah kemampuan tanah tersebut mempertahankan bentuk maupun kondisi awalnya.

Salah satu jenis tanah yang daya dukungnya mudah mengalami penurunan adalah tanah jenis *Siltstone*. Tanah *Siltstone* yang mengalami siklus basah kering sangat rentan terhadap kerusakan-kerusakan pada konstruksi di atasnya, yang diakibatkan oleh berkurangnya ketahanan tanah tersebut. Perlunya sebuah tindakan seperti perbaikan tanah untuk mencegah terjadinya penurunan ketahanan tanah tersebut akibat siklus basah kering.

Muntohar (2018) menyatakan bahwa perbaikan tanah (*soil improvement*) merupakan kombinasi metode fisik dan metode kimia untuk memadatkan masa tanah setempat, perkuatan, sementasi, dan pengendalian drainase serta stabilitas volume tanah agar memenuhi persyaratan sebagai bahan konstruksi. Perbaikan tanah yang dilakukan pada penelitian adalah dengan memadatkan dan menambahkan semen sebagai bahan campurannya. Perlunya juga sebuah metode pengujian yang dapat membuktikan apakah metode perbaikan tanah tersebut dapat mengatasi permasalahan yang ada.

Metode *slake durability* adalah salah satu metode pengujian untuk mengetahui nilai ketahanan tanah tersebut pada kondisi basah kering, sehingga dengan metode ini pula kita dapat mengetahui bagaimana pengaruh kadar semen pada ketahanan tanah tersebut. Nilai yang didapat pada metode pengujian ini adalah *slake durability index* atau biasa disebut dengan I_d . *Slake durability index* merupakan persentase dari massa tanah kering tertahan saringan no.10 setelah dua siklus pengeringan oven dan direndam selama 10 menit dengan aksi *tumbling* dan abrasi standar (ASTM D 4644, 2004).

Siltstone ini memiliki daya dukung yang tinggi, tetapi ketika terekspos dan mengalami siklus basah kering, maka batuan ini akan mudah lapuk dan mengalami penurunan daya dukung yang sangat signifikan.

Pengujian *slake durability* adalah salah satu cara untuk mengetahui tingkat pelapukan pada suatu tanah akibat siklus basah kering, sehingga dapat diketahui tingkat ketahanan dari tanah tersebut apakah aman atau tidak dibangunnya konstruksi di atasnya. Dengan pengujian ini juga dapat diketahui apakah metode perbaikan yang dilakukan dapat berdampak baik pada ketahanan tanah, sehingga mampu mengatasi masalah pelapukan pada *siltstone* tersebut. Perlunya juga data-data sifat fisis tanah dan bagaimana pengaruhnya terhadap metode perbaikan tersebut, sehingga bisa diketahui perubahan apa saja yang terjadi akibat dampak perbaikannya. Pemadatan juga dilakukan untuk mengetahui nilai *optimum moisture content* (OMC) dan *maximum dry density* (MDD) pada tanah, dan dari dua variabel tersebut menjadi acuan dalam pembuatan benda uji.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh semen terhadap sifat-sifat fisis tanah antara lain nilai berat jenis, *Atterberg limit*, ukuran butir tanah serta menganalisis pengaruh semen terhadap durabilitas tanah yang terpadatkan dengan menggunakan metode *slake durability*.

2. Metode Penelitian

Bahan

Tanah

Tanah pada pengujian ini berasal dari Ungaran, Bawen, Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa tengah. Untuk pengujian *slake durability* ini menggunakan tanah yang lolos saringan No.4. Sifat-sifat geoteknik tanah dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Sifat geoteknik tanah

Variabel	Nilai
Berat jenis, Gs	2,58
Batas cair, LL (%)	37,50
Batas plastis, PL (%)	21,99
Batas susut, SL (%)	17,05
Indeks plastisitas, PI (%)	15,51
Berat volume tanah kering maksimum, MDD (kN/m ³)	14,80
Kadar air optimum, OMC (%)	25,00

Semen

Semen ini menjadi bahan tambah pada pada sampel yang akan diuji sehingga diharapkan dapat meningkatkan ketahanan tanah. Semen yang digunakan pada pengujian ini adalah semen jenis

ordinary portland cement (OPC), dimana semen ini bersifat umum.

Air

Air digunakan sebagai bahan yang membuat semen dapat bereaksi dan juga membuat sampel dalam kondisi OMC.

Tahapan Penelitian

Pembuatan Benda Uji

Proses pembuatan benda uji pada *slake durability* ini berdasarkan nilai dari OMC dan MDD tanah tanpa campuran semen pada pengujian pemadatan Proctor standar. Data OMC dan MDD akan digunakan sebagai takaran pada komposisi tanah, semen dan air yang akan dipergunakan pada sampel benda uji.

Ditentukannya besaran volume sampel benda uji terlebih dahulu, maka dengan nilai MDD bisa diketahui berapa komposisi massa tanah dan semen yang dibutuhkan. Diketuainya nilai dari OMC dan massa tanah kering maka dapat ditentukan pula massa dari air yang akan digunakan.

Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian *slake durability* pada penelitian ini berdasarkan ASTM D 4644. Pengujian durabilitas ini dilakukan dengan cara membuat sampel mengalami siklus basah kering. Satu siklus basah kering diartikan sebagai benda uji mengalami pembasahan pada proses pengujian *slake durability* hingga kondisi kering saat keluar oven. Pada penelitian ini dilakukan hingga 5 siklus.

Analisis Data

Data yang didapatkan dari pengujian *slake durability* ini adalah nilai *slake durability index* (I_d). Nilai tersebut digunakan sebagai klasifikasi ketahanan tanah yang dimiliki sampel tersebut. *Slake durability index* (I_d) adalah persentase rasio dari berat akhir dan awal tanah kering dalam drum (Qi dan Sui, 2014; Fereidooni dan Khajevand, 2017).

Setelah nilai *slake durability index* diperoleh, maka kita bisa mengetahui pengaruh penambahan semen terhadap ketahanan tanah. Data yang di analisis pada penelitian ini adalah nilai dari $I_d(1)$ sampai dengan $I_d(5)$.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian *Slake Durability*

Hasil dari pengujian *slake* ini adalah berupa kurva hubungan antara $I_{d(1-5)}$ dengan jumlah siklus, yang ditunjukkan pada Gambar 1 dan kurva hubungan antara $I_{d(1-5)}$ dengan kadar semen, yang ditunjukkan pada Gambar 2. Hasil pengujian *slake* ini juga menghasilkan diagram persentase penurunan nilai I_d antar siklus, yang ditunjukkan pada Gambar 3. Franklin dan Chandra (1972) dalam Agustawijaya (2004) mengklasifikasikan *slake durability index* berupa Tabel 2.

Tabel 2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Nilai *Slake Durability Index*

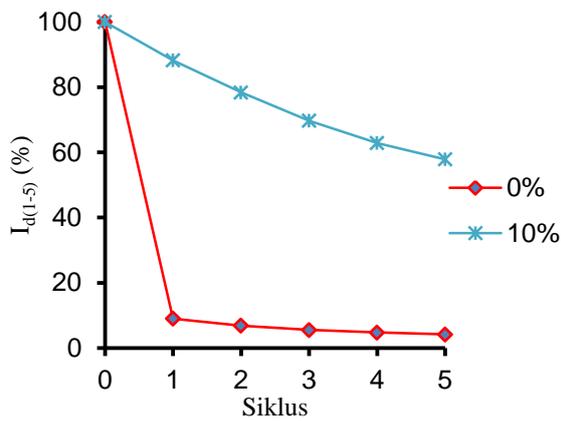
Slake-durability I_d (%)	Klasifikasi
0 – 25	Very low
25 – 50	Low
50 -75	Medium
75 – 90	High
90 – 95	Very high
95 – 100	Extremely high

Berdasarkan tabel di atas kita bisa menentukan klasifikasi tanah yang kita uji termasuk kedalam tingkat ketahanan rendah ataupun tinggi. Nilai dari I_{d1-5} dan klasifikasi ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Data I_{d1-5} dan Klasifikasi

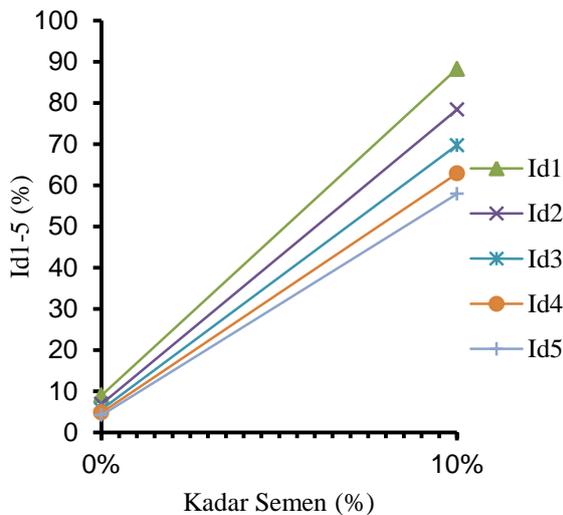
Siklus	Kadar Semen (%)			
	0%	Klasifikasi	10%	Klasifikasi
1	9.00	Very Low	88.24	High
2	6.88	Very Low	78.38	High
3	5.55	Very Low	69.74	Medium
4	4.78	Very Low	62.85	Medium
5	4.19	Very Low	57.89	Medium

Pengujian ini menunjukkan bahwa penambahan semen dapat meningkatkan ketahanan pada tanah tersebut, diakibatkan oleh sifat semen yang membuat tanah lebih *compact* dan membuat ikatan antar partikel tanahnya semakin kuat.



Gambar 1 Hubungan antara $I_{d(1-5)}$ dengan Jumlah Siklus

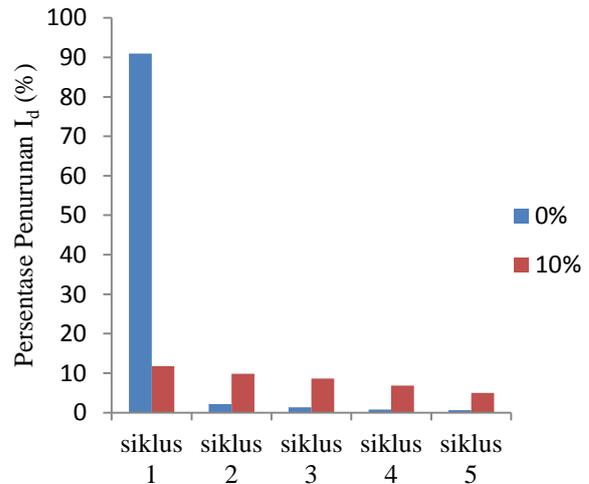
Gambar 1. menunjukkan penurunan nilai I_d tiap siklusnya. Penurunan tersebut diakibatkan oleh terjadinya disintegrasi pada sampel karena proses pengujian *slake durability*. Hal ini juga terjadi pada pengujian Agustawijaya (2004), nilai dari I_d terus mengalami penurunan tiap siklusnya. Dari kurva ini juga terlihat bahwa tanah dengan kadar semen 10% memiliki nilai I_d yang lebih tinggi daripada dengan kadar semen 0%.



Gambar 2 Hubungan antara $I_{d(1-5)}$ dengan Kadar Semen

Gambar 4.5 menunjukkan peningkatan nilai I_d akibat penambahan kadar semen. Hal ini disebabkan oleh kemampuan semen dalam mengikat butiran-butiran tanah agar tetap menyatu dan juga mengisi rongga-rongga udara yang berada pada sampel, sehingga dapat mengurangi disintegrasi yang terjadi pada saat pengujian *slake durability*. Menambahkan semen pada tanah dapat meningkatkan kepadatan maksimum tanah tersebut (Kizdi, 1979 dalam Hatmoko, 2012). Oleh karena bertambahnya kepadatan tanah tersebut, maka

rongga-rongga udara pada sampel akan berkurang. Rongga-rongga udara tersebut dapat mengakibatkan sampel tanah mengalami disintegrasi.



Gambar 3 Persentase Penurunan Nilai I_d Antar Siklus

Gambar 3 menunjukkan persentase penurunan nilai I_d antar siklus. Persentase tersebut menunjukkan bahwa setiap siklus mengalami peningkatan durabilitas yang ditandai dengan persentase penurunan nilai I_d semakin berkurang.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil pengujian ini adalah terjadi peningkatan nilai berat jenis akibat penambahan kadar semen. Terjadi perubahan nilai pada *Atterberg limit*, dimana nilai batas cair (LL) menurun, batas plastis (PL) meningkat, batas susut (SL) meningkat dan indeks plastisitas (PI) menurun. Penambahan kadar semen dapat meningkatkan ukuran butir tanah. Nilai *slake durability index* (I_d) tanah dengan campuran semen lebih besar daripada tanah tanpa campuran semen. Tanah *siltstone* pada pengujian ini dengan kadar semen 0% memiliki nilai $I_{d(1)} - I_{d(5)}$ termasuk kedalam klasifikasi ketahanan sangat rendah. Kadar semen 10% memiliki nilai $I_{d(1)}$ dan $I_{d(2)}$ termasuk kedalam klasifikasi ketahanan tinggi, nilai $I_{d(3)} - I_{d(5)}$ termasuk kedalam ketahanan sedang.

5. Daftar Pustaka

- Agustawijaya, Didi S. 2003. Modelled Mechanism in the Slake-Durability Test for Soft Rocks, *Dimensi Teknik Sipil* 5. 87-92.
- Al-Rawas, Amer; Cheema, Tariq; dan Al-Aghbari, Mohammed. 2000. Geological and Engineering Classification Systems of

- Mudrocks, *Science and Technology*. 137-155.
- Ankara, Huseyin; Kandemir, Suheyla Yerel; Cicek, Fatma. 2015. Compression of Slake Durability Index (SDI) Values of Sphere and Rounded Marl Samples, *Procedia Earth and Planetary Science* 15. 93-98.
- ASTM D4644-04., 2004., Standard Test Method for Slake Durability of Shales and Similar Weak Rocks.
- Bayat, M; Asgari, M.R; dan Mousivand, M. 2013. Effects of Cement and Lime Treatment on Geotechnical Properties of a Low Plasticity Clay, *International Conference on Civil Engineering Architecture & Urban Sustainable Development* 27&28.
- Djelloul, Ramzi; Mrabent, Souad Amel Bourokba; Hachichi, Abdelkader; dan Fleureau, Jean-Marie. 2017. Effect of Cement on the Drying-Wetting Paths and on Some Engineering Properties of a Compacted Natural Clay from Oran, Algeria, *Geotech Geol Eng*.
- Fereidooni, Davood; dan Khajevand, Reza. 2017. Correlations Between Slake-Durability Index and Engineering Properties of Some Travertine Samples Under Wetting-Drying Cycles, *Geotech Geol Eng*.
- Hardiyatmo, Hary Christadi. 2012. *Mekanika Tanah I*, 6, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Hatmoko, John Tri. 2012. Ketahanan Tanah Lempung Tersementasi Tiruan, *Geoteknik*.
- Muntohar, Agus Setyo. 2012. *Mekanika Tanah*, 2, Yogyakarta: Omah Buku.
- Muntohar, Agus Setyo. 2018. *Prinsip-Prinsip Perbaikan Tanah*, 2, Yogyakarta: Lembaga Penelitian, Publikasi, dan Pengabdian Masyarakat (LP3M) Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Mohamedzein, Yahia E.-A; dan Al-Rawas, Amer A. 2011. Cement-Stabilization of Sabkha Soils from Al-Auzayba, Sultanate of Oman, *Geotech Geol Eng*. 999-1008.
- 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.
- Sariosseiri, Farid; dan Muhunthan, Balasingam. 2009. Effect of Cement Treatment on Geotechnical Properties of Some Washington State Soils, *Engineering Geology* 104. 119-125.
- Sobhan, Khaled; dan Das, Braja M. 2007. Durability of Soil-Cement Against Fatigue Fracture, *Journal of Materials in Civil Engineering*. 26-32.
- Tang, Chao-Sheng; Pei, Xiang-Jun; Wang, De-Yin; Shi, Bin; dan Li, Jian. 2015. Tensile Strength of Compacted Clayey Soil, *J.Geotech.Geoenviroin.Eng*.
- Widianti, Anita; Hartono, Edi; Muntohar, Agus Setyo; dan Rosyidi, Deliyuda Andri. 2008. Uji Triaksial Unconsolidated-Undrained pada Campuran Tanah Lanau – Kapur – Abu Sekam Padi dan Serat Karung Plastik, *Jurnal Semesta Teknik* 11. 171-180.
- Yagiz, Saffet. 2011. Correlation Between Slake Durability and Rock Properties for Some Carbonate Rocks, *Bull Eng Geol Environ*. 377-383.

