

# Pengaruh Penambahan Semen Terhadap Nilai Slake Durability Index ( $I_d$ ) Berdasarkan Slake Durability Test Pada Mudrock di Jalan Tol Ungaran-Bawen

*The Effect of Cement Addition on Slake Durability Index ( $I_d$ ) of Mudstone in Ungaran – Bawen Tollroad Based on Slake Durability Test.*

**Faisol Aziz, Edi Hartono, Agus Setyo Muntohar**

*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*

**Abstrak.** Beberapa permasalahan geoteknik seperti kegagalan daya dukung pondasi dan kelongsoran lereng terjadi di atas tanah *mudrock*. Uniknya, *mudrock* memiliki tingkat durabilitas yang sangat baik pada kondisi tertimbun alami. Namun, dalam kondisi terbuka dan terpapar atmosfer dan hidrosfer, *mudrock* mengalami pelapukan, terdegradasi dan durabilitasnya menurun drastis. Pengujian *slake durability* dilakukan untuk mengetahui tingkat ketahanan *mudrock* terhadap faktor-faktor pelapukan. Tingkat ketahanan *mudrock* tersebut dinyatakan dalam *Slake Durability Index* ( $I_d$ ). Usaha perbaikan durabilitas *mudrock* dilakukan dengan menambahkan semen sebagai bahan stabilisasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan semen memberi pengaruh peningkatan durabilitas terhadap *mudrock* selama diberi perlakuan siklus pembasahan dan pengeringan. Nilai  $I_d$  pada siklus ke-5 untuk *mudrock* dengan penambahan semen menunjukkan angka 61,37%. Terdapat selisih angka sekitar 61,12% dengan nilai  $I_d$  siklus ke-5 *mudrock* tanpa semen yang menunjukkan angka 0,25%.

Kata-kata kunci : Pelapukan, *mudrock*, durabilitas, *slake durability index*, semen.

**Abstract.** Some geotechnical problems such as foundation support capacity failure and slope sliding occur on mudrock soils. Uniquely, mudrocks have excellent durability levels under natural burden conditions. However, under open and exposed atmospheric and hydrosphere conditions, mudrocks are much weathered, degraded and their durability decreases dramatically. Slake durability test was performed to determine the level of resistance of mudrock to weathering factors. The mudrock resistance level is expressed in the Slake Durability Index ( $I_d$ ). Efforts to improve mudrock durability are done by adding semen as a stabilizing agent. The experimental results showed that the cement had an effect on the durability of the mudrock during the wetting and drying cycle. The value of  $I_d$  in the 5<sup>th</sup> cycle for cement-treated mudrock shows the number 61,37%. Number of difference of about 61,12% with the  $I_d$  value of the 5<sup>th</sup> cycle of mudrock without cement showing the number 0,25%.

Keywords: Weathering, mudrock, durability, slake durability index, cement.

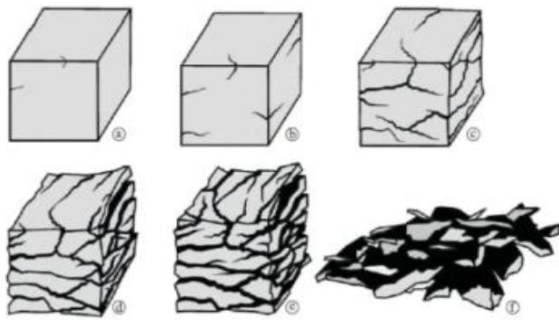
## 1. Pendahuluan

Beberapa kasus kegagalan tanah dasar yang tersusun atas *mudrock* terjadi di Indonesia. Dua insiden longsor yang terjadi di Pusat Pelatihan Olahraga di Hambalang, Sentul dan di Jalan Tol Semarang-Bawen, Jawa Tengah, merupakan contoh kasus kegagalan tanah dasar yang tersusun atas lapisan *mudrock* (Alatas, dkk., 2015). Kegagalan yang terjadi disebabkan oleh pelapukan pada *mudrock* yang disebabkan oleh adanya kontak langsung dengan atmosfer dan hidrosfer. *Mudrock* yang memiliki tingkat durabilitas yang baik pada kondisi tertimbun

alami, akan mengalami pelapukan, terdegradasi dan durabilitasnya menurun secara drastis.

Penelitian yang mengkaji tentang durabilitas batuan yang melibatkan siklus pembasahan dan pengeringan telah dilakukan secara luas (Walsri, dkk., 2012; Alatas, dkk., 2015; Alatas, dkk., 2016; Alatas, dkk., 2017) Tingkat durabilitas batuan terhadap pelapukan dinyatakan dalam *slake durability index* ( $I_d$ ) yang dapat diketahui dengan melakukan pengujian *slake durability*. Dalam penelitian ini, usaha perbaikan durabilitas *mudrock* dilakukan dengan menambahkan semen sebagai bahan stabilisasi.

*Mudrock* memiliki sifat yang identik dengan *shales*, yakni sensitif terhadap air, memiliki nilai sudut gesek internal yang kecil, dan secara umum partikelnya tidak terikat dengan baik (Tse, dkk., 2016). Pada *mudrock*, pelapukan yang terjadi adalah mengecilnya ukuran partikel batuan. Hal ini terjadi karena air yang meresap ke dalam *mudrock* menyebabkan tegangan antar partikel batuan berkurang sehingga pada kondisi tertentu *mudrock* sangat rapuh dan mudah terdegradasi (Agustawijaya, 2004). Kondisi tersebut menyebabkan *mudrock* mengalami penurunan durabilitas sehingga ketika diuji dengan pengujian *slake durability*, terjadi kehilangan berat kering oven yang drastis. Kontak langsung dengan atmosfer dan hidrosfer yang terjadi berulang-ulang menyebabkan *mudrock* terdegradasi sebagaimana ditunjukkan oleh gambar 1.



Gambar 1 Ilustrasi proses pelapukan batuan (Alatas, dkk., 2015).

*Slake durability index* ( $I_d$ ) menyatakan nilai persentase perbandingan antara berat kering oven tertahan terhadap berat kering oven benda uji pada kondisi awal sebelum perlakuan siklus. Nilai tersebut menunjukkan tingkat durabilitas batuan yang diuji terhadap faktor-faktor pelapukan yang diberikan dalam siklus pembasahan dan pengeringan. Dalam penelitian ini, bahan stabilisasi berupa semen ditambahkan pada *mudrock* sebagai usaha perbaikan durabilitasnya. Reaksi kimia antara semen dengan air dan partikel tanah, menghasilkan ikatan yang membuat struktur partikel *mudrock* lebih keras, kuat, dan tahan terhadap pelapukan yang ditimbulkan oleh siklus pembasahan dan pengeringan.

Rumusan masalah yang dipaparkan pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh

semen terhadap durabilitas *mudrock* berdasarkan pengujian *slake durability*. Dengan mengetahui bahwa penambahan semen meningkatkan durabilitas batuan, diharapkan dapat menjadi salah satu solusi perbaikan kualitas dan durabilitas *mudrock* ataupun batuan sedimen sejenisnya.

## 2. Metode Penelitian

### Bahan

Benda uji yang digunakan berupa 20 buah fragmen *mudrock* (gambar 2) diletakkan dalam drum, dengan masing-masing drum berisi 10 buah fragmen. Berat masing-masing fragmen adalah 40-60 gram. Dalam penelitian ini, digunakan 2 jenis perlakuan pada benda uji. Benda uji pertama tanpa semen, sedangkan benda uji kedua dicampurkan dengan semen sebanyak 10% dari berat total fragmen. Semen yang digunakan adalah OPC (*Ordinary Portland Cemen*) dengan merk Holcim seperti ditunjukkan oleh gambar 3.



Gambar 2 Fragmen *mudrock*



Gambar 3 Semen OPC merk Holcim

### Alat

Alat yang digunakan dalam pengujian *slake durability* terdiri atas 2 buah drum yang terhubung ke sebuah kotak berisi motor perotasi (gambar 4). Drum diletakkan dalam kotak berisi air, dengan ketinggian air 2 cm di bawah titik as drum.



Gambar 4 Alat uji *slake durability*

Drum diputar menggunakan motor perotasi dengan kecepatan 20 rpm (*rotation per minute*) selama 10 menit. Setelah diputar, drum dilepaskan segera dan dikeringkan dalam oven, dengan temperatur yang dapat diatur konstan  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ , untuk mendapatkan berat kering oven fragmen tertahan. Pengujian dilakukan selama 5 siklus. Benda uji didokumentasikan setiap sebelum dan sesudah siklus untuk mengamati perubahan benda uji secara visual (ASTM D 4644-04, 2004).

### Analisis Data

Data yang diperoleh dari pengujian tersebut diolah dengan persamaan 1 sehingga didapatkan nilai *slake durability index mudrock* ( $I_d$ ).

$$I_d(2) = [(W_F - C)/(B - C)] \times 100 \quad (1)$$

Dimana :

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

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

C = berat drum, g

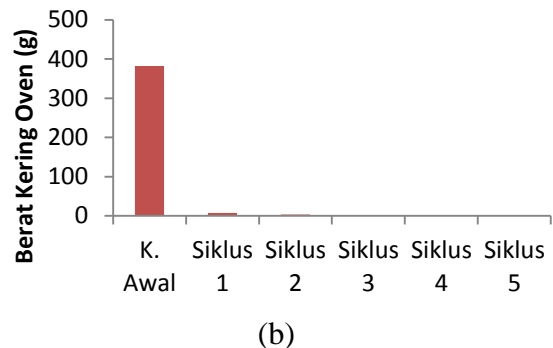
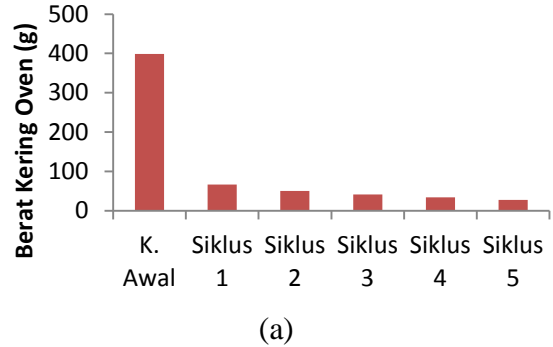
$W_F$  = berat drum dan berat kering oven spesimen yang tertahan setelah siklus kedua, g.

Untuk mendapatkan nilai  $I_d$  dari siklus ketiga, maka yang digunakan sebagai nilai dari besaran  $W_F$  adalah berat kering oven tertahan siklus ketiga. Demikian pula untuk mendapatkan nilai  $I_d$  pada siklus keempat dan kelima.

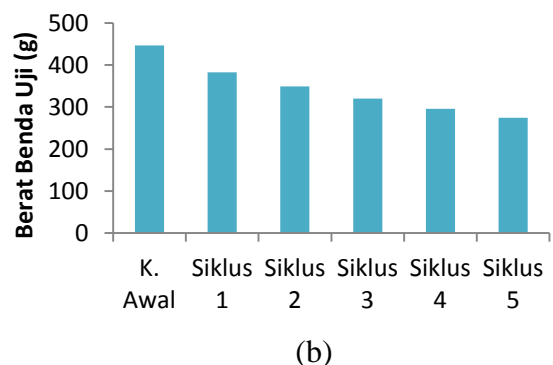
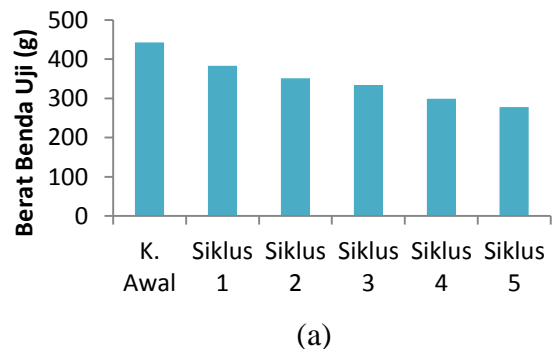
### 3. Hasil

#### *Slake Durability Index (I<sub>d</sub>)*

Hasil pengujian menunjukkan bahwa berat kering oven fragmen *mudrock* tertahan menurun di setiap siklusnya untuk dua jenis perlakuan benda uji yang berbeda.



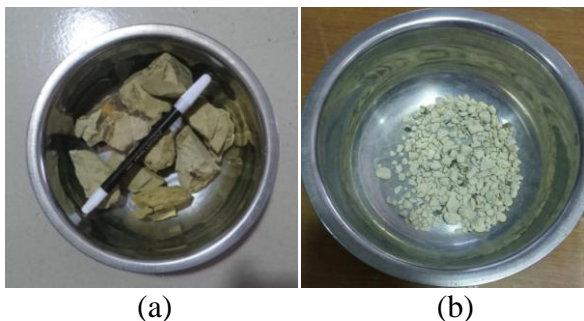
Gambar 3 Perubahan berat kering oven (a) benda uji drum kanan dan (b) benda uji drum kiri *Mudrock* tanpa semen.



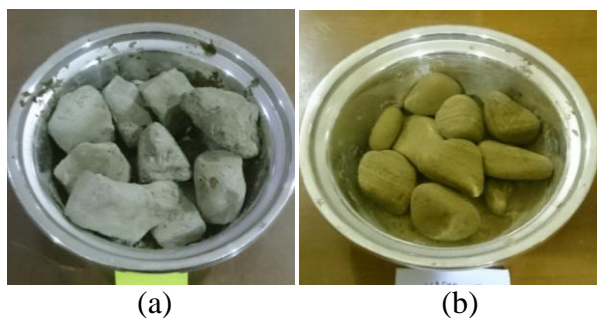
Gambar 4 Perubahan berat kering oven (a) benda uji drum kanan dan (b) benda uji drum kiri *mudrock* dengan penambahan semen.

Penurunan berat kering oven tertahan yang terjadi pada *mudrock* dengan campuran semen relatif lebih teratur di setiap siklusnya. Berbeda dengan yang ditunjukkan oleh *mudrock* tanpa campuran semen, penurunan berat kering oven terjadi secara drastis dari kondisi awal sebelum benda uji diberikan siklus pembasahan dan pengeringan, ke kondisi setelah benda uji mengalami siklus pembasahan dan pengeringan pertama.

Berdasarkan data berat kering oven tertahan yang diperoleh, dapat ditentukan nilai  $I_d$  kedua benda uji. Nilai  $I_d$  *mudrock* tanpa campuran semen untuk siklus 2, 3, 4 dan 5 berturut-turut adalah 0,86%, 0,53%, 0,38% dan 0,25%. Sedangkan nilai  $I_d$  *mudrock* dengan penambahan semen untuk siklus 2, 3, 4 dan 5 berturut-turut adalah 78,17%, 71,68%, 66,12% dan 61,37%. Hasil ini menunjukkan bahwa pencampuran semen pada *mudrock* menyebabkan durabilitasnya meningkat. Berdasarkan tampilan fragmen *mudrock* pada gambar 5 dan gambar 6, dapat diamati bahwa *mudrock* dengan campuran semen lebih tahan terhadap siklus pembasahan dan pengeringan, sehingga bentuk akhir fragmen lebih utuh dibandingkan dengan *mudrock* tanpa semen.



Gambar 5 Tampilan (a) kondisi awal dan (b) kondisi setelah siklus ke-5 pengujian *slake durability mudrock* tanpa penambahan semen.



Gambar 6 Tampilan (a) kondisi awal dan (b) kondisi setelah siklus ke-5 pengujian *slake durability mudrock* dengan semen 10%.

#### 4. Pembahasan

Berat kering oven tertahan pada *mudrock* tanpa semen mengalami penurunan drastis dari kondisi awal ke kondisi setelah mengalami siklus pembasahan dan pengeringan pertama, seperti ditunjukkan pada gambar 3. Hal ini dikarenakan *mudrock* yang mengandung mineral lempung memiliki sifat seperti *shales* yang sensitif terhadap air dan secara umum partikelnya tidak terikat dengan baik sehingga mengurangi durabilitasnya. Kontak fragmen dengan air menyebabkan terjadinya adsorpsi, yakni proses melekatnya molekul air pada permukaan butiran tanah. Mineral lempung yang terdapat dalam fragmen *mudrock* menyebabkan terjadinya pertukaran kation dan ion ketika terjadi adsorpsi. Hal tersebut menyebabkan fragmen mengalami pengembangan (*swelling*) saat kondisi basah. Terjadinya pengembangan pada fragmen yang berukuran relatif kecil menyebabkan partikel fragmen merenggang hingga pada kondisi tertentu partikel tidak mampu saling mengikat dan akhirnya fragmen hancur.

Sensitivitas *mudrock* terhadap air menyebabkan partikel antar butirannya kehilangan tegangan ketika mengalami kontak dengan air. Ketika batuan terendam, meniskus air diantara pori *mudrock* meningkat, yang menyebabkan menurunnya tegangan permukaan pada kontak antar butiran. Dengan mekanisme pengujian yang menyebabkan fragmen *mudrock* terendam air dalam jangka waktu tertentu memungkinkan untuk tingkat kejenuhan fragmen meningkat. Seiring meningkatnya tingkat kejenuhan *mudrock*, yang berarti semakin banyak air yang masuk ke pori batuan, maka lama kelamaan tegangan antar partikel butiran hilang, kohesinya pun berkurang dan menyebabkan fragmen lapuk dan terdegradasi.

Untuk *mudrock* dengan penambahan semen, adanya semen memicu terjadinya reaksi antara senyawa kimia dalam semen dan partikel tanah. Reaksi kimia yang terjadi antara Kalsium Hidroksida dalam semen dan Silika serta Alumina sebagai mineral lempung yang terdapat dalam *mudrock* menyebabkan perubahan pada struktur *mudrock* dalam jangka waktu singkat. Perubahan yang terjadi adalah flokulasi, yakni penggumpalan partikel tanah karena reaksi kimia (Djelloul, dkk.,



2017; Sariosseiri, dkk., 2009; Mohamedzein, dkk., 2011). Reaksi kimia tersebut menyebabkan senyawa pengikat dari semen mengikat partikel-partikel tanah, sehingga terjadi pengakuan atau pengerasan pada tanah untuk jangka waktu yang lama. Pengerasan menyebabkan benda uji lebih tahan terhadap faktor-faktor pelapukan.

Semen merupakan material yang memiliki sifat kohesif dan adhesif yang kuat sebagai perekat yang mengikat partikel batuan. Campuran semen dan air melapisi permukaan batuan, menyebabkan fragmen cenderung lebih kedap air (Andriani, dkk., 2012). Ketika fragmen direndam dalam air, air tidak terlalu meresap ke bagian inti fragmen dan sifat sensitif mineral lempung terhadap air tidak sepenuhnya memberi pengaruh pelapukan pada fragmen tersebut. Oleh karena itu, fragmen cenderung lebih baik durabilitasnya dibandingkan dengan benda uji tanpa semen. Berat kering oven tertahan di setiap siklusnya pun relatif lebih banyak dibandingkan dengan fragmen *mudrock* tanpa semen. Semakin sedikit kehilangan berat yang terjadi di setiap siklusnya menunjukkan bahwa fragmen *mudrock* semakin kuat dan tahan terhadap faktor-faktor pelapukan yang memungkinkan batuan terdegradasi.

## 5. Kesimpulan

Penambahan semen meningkatkan durabilitas *mudrock*. Nilai  $I_d$  *mudrock* meningkat secara signifikan. Pada akhir siklus pembasahan dan pengeringan, *mudrock* dengan penambahan semen memiliki nilai  $I_d$  sebesar 61,37%. Nilai ini menunjukkan peningkatan sebesar 61,12% dari benda uji *mudrock* tanpa semen yang memiliki nilai  $I_d$  0,25% di siklus terakhir. *Mudrock* dengan penambahan semen lebih baik durabilitas dibandingkan *mudrock* tanpa semen.

## 6. Daftar Pustaka

- Agustawijaya, D.S., 2003, Modelled Mechanisms In The Slake-Durability Test For Soft Rocks, *Dimensi Teknik Sipil*, 5(2), 87-92.
- Alatas, I.M., Kamaruddin, S.A., Nazir, R., Irsyam, M. dan Himawan, A., 2015, Shear Strength Degradation Of Semarang Bawen Clay Shale Due To Weathering Process, *Jurnal Teknologi*, 77(11), 109-118.
- 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., Simatupang, P.T., 2017, Pengaruh Proses Pelapukan *Clay Shale* terhadap Perubahan Parameter Rasio Disintegritas (DR), *Jurnal Teknik Sipil*, 24, 77-82.
- Andriani, Yuliet, R., Fernandez, F. L., 2012. Pengaruh Penggunaan Semen sebagai Bahan Stabilisasi pada Tanah Lempung daerah Lambung Bukit terhadap Nilai CBR Tanah. *Jurnal Rekayasa Sipil*, Vol 8(1) : 29-44.
- ASTM D 4644-04, 2004, Standard Test Method for Slake Durability of Shales and Similar Weak Rocks, ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania, USA.
- Djelloul, R., Mrabent, S.A.B., Hachichi, A., 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, 995-1010.
- Mohamedzein, Y., Al-Rawas, A.A., 2011, Cement-Stabilization of Sabkha Soils from Al-Auzayba, Sultanate of Oman, *Geotechnical and Geological Engineering*, 29(6), 999-1008.
- Sariosseiri F., Muhunthan, B., 2009, Effect of Cement Treatment on Geotechnical Properties of Some Washington State Soils, *Engineering Geology*, 104, 119-125.
- Tse, Celestine, A. and Eyang, Ngon, F., 2016, Geotechnical Properties and Slaking Characteristics of Shales in the Calabar Flank, Southern Nigeria, *Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering*, 6(1), 123-133.
- Walsri C., Sriapai, T., Phueakphum, D. dan Fuenkajorn, K., 2012, Simulation of Sandstone Degradation Using Large-Scale Slake Durability Index Testing Device, *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 34(5), 587-596.