

# Kajian Ketahanan Batuan Clay Shale Formasi Jatiluhur di Sentul City Jawa Barat

## (Study of Durability Clay Shale Jatiluhur Formation at Sentul City West Java)

Revia Oktaviani<sup>1,2</sup>, Paulus P Raharjo<sup>1</sup>, Imam A Sadisun<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung

<sup>2</sup>Teknik Pertambangan, Universitas Mulawarman, Kalimantan Timur

<sup>3</sup>Teknik Geologi, Fakultas Kebumihan, Institut Teknologi Bandung, Bandung

### Abstract

*The mechanical properties of Clay Shale are very unique. When it is dry, it shrinks and hardens, but when it absorbs water, it swells and to some extent loses its shear strength so that the drop-in strength can occur suddenly even with its own weight. Due to the nature of the swell-shrink that are strongly influenced by climate and weather, clay shale durability may decrease over time when in direct contact with air and water. Research on clay shale was done in Sentul City, Bogor - West Java, Indonesia on Jatiluhur formation, using dynamic slaking (slake durability test) and slaking static test. Dynamic slaking test is done in three times i.e. after sampling, after 3 months and after 9 months. Slake durability test results from 3 different drilling points, shows that within 9 months, has not seen the decreasing effect of durability. With a low Plasticity index, the durability research in Sentul City is in medium durability to medium-high durability classification.*

*Keywords: Clay shale, durability, Slaking*

### 1. Pendahuluan

Sentul City adalah daerah yang terletak di sebelah timur kota Bogor, Jawa Barat, Indonesia saat ini sedang mengalami pengembangan dan melaksanakan banyak pembangunan seperti pembangunan sarana bisnis, rumah sakit, tempat wisata maupun perumahan. Hal ini mengakibatkan banyak lahan alam yang harus dikupas. Letak Sentul City yang berada pada Formasi Jatiluhur, menunjukkan bahwa batuan dilokasi tersebut didominasi oleh clay shale.

Clay shale pada umumnya berada pada zona tidak jenuh air karena efek kapilaritas lebih berperan pada daerah tersebut dan tergantung atas letak muka air tanah, serta perilaku shale tersebut termasuk sebagai material transisi tanah dan batuan (Deen, 1981). Efek kapilaritas sangat berpengaruh terhadap kekuatan clay shale. Gaya kapilaritas muncul akibat tegangan negatif yang muncul dan mampu meremukkan clay shale apabila ikatan clay shale tidak memadai (Paul M Santi, 1998).

Akibat degradasi tersebut, clay shale dapat mengalami penurunan durabilitas yang disebut slaking, apabila material berada dalam kondisi terbuka setelah kontak dengan udara dan air.

Sifat mekanis dari Clay Shale ini sangat unik. Ketika dalam kondisi kering, ia menyusut dan

mengeras, namun ketika menyerap air, ia akan mengembang dan pada batas tertentu akan kehilangan gaya gesernya sehingga penurunan kekuatan dapat terjadi tiba-tiba bahkan dengan akibat beratnya sendiri. Dikarenakan oleh sifat kembang-susut yang sangat dipengaruhi oleh iklim dan cuaca, dapat mengubah Shale dari batuan menjadi tanah (M. Nickmann, 2006,2010). Terlebih pada daerah yang muka air tanahnya berubah drastis dan curah hujannya sangat tinggi. Oleh karena itu Shale mudah mengalami penurunan durabilitas dari waktu ke waktu apabila ada kontak langsung dengan udara dan air. Karena daerah ini memiliki curah hujan yang cukup tinggi, tentunya akan menyebabkan lapisan lempung ini berreaksi dengan air (Cherith MosesÆ, 2015). Penelitian tentang ketahanan batuan pada batuan lemah di beberapa daerah dengan menggunakan uji slake durability sudah banyak dilakukan diantaranya Eduardo A.G et.al, 2005; M. Heidari et.al, 2015; Chinmoy Swain, 2010;

Beberapa kasus keruntuhan yang cukup besar di Indonesia yang terjadi pada batuan Clay shale diantaranya Konstruksi Pembangkit Listrik Tenaga Air Tulis (1995), Bangunan Atlet Hambalang (2013), jalan raya bebas hambatan Penggaron (2015), jalan raya bebas hambatan Cisomang (2017).

### Kondisi Geologi Daerah Sentul City

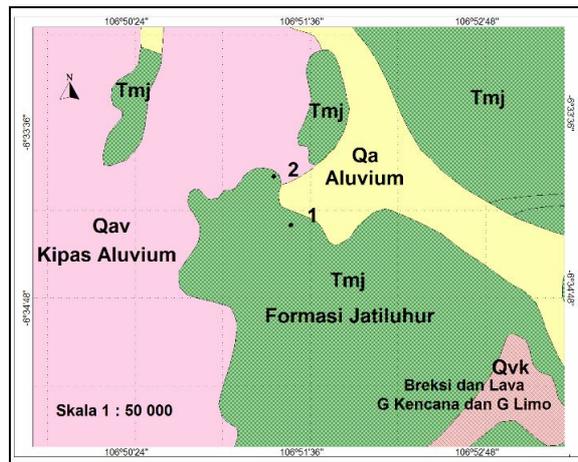
Penelitian dilakukan di daerah Sentul City terletak pada koordinat 6°34' 4,68" LS - 6° 34'

---

\* Korespondensi Penulis: ((Revia Oktaviani) Jurusan Teknik Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung  
E-mail: revia\_oktaviani@yahoo.com

55,19" LS dan 106° 51' 4,1" BT - 106° 54' 34,2" BT, yang merupakan daerah beriklim tropis dengan curah hujan yang besar sepanjang tahun. Curah hujan tahunan rata-rata cukup tinggi yakni mencapai 4000 mm. Kelembaban udara rata-rata tahunan berkisar antara 76,86% - 87,91% dengan temperature 23,2°C – 27,5°C. Formasi Jatiluhur (Tmj) terdiri dari napal, serpih lempungan dengan sisipan batupasir kuarsa, bertambah pasir ke arah timur berwarna abu-abu sampai hitam, bersifat mudah hancur dan mengembang, ekspansif jika terkena air.

Formasi Jatiluhur berumur meosen tengah bagian akhir sampai awal meosen akhir. Bagian atas formasi Jatiluhur menjemari dengan formasi Subang. Dibeberapa tempat formasi Subang dibagian secara tidak selaras menutupi formasi Jatiluhur. Endapan permukaan Qa Aluvium terdiri atas lempung, lanau, kerikil dan kerakal terutama endapan sungai termasuk pasir dan kerikil dari endapan pantai sepanjang teluk Pelabuhanratu dan Kipas Aluvial (Qav) berupa endapan lanau, batupasir, kerikil dan kerakal dari batuan gunungapi kuartar yang diendapkan kembali sebagai kipas aluvial.



Gambar 1. Peta Geologi Sentul City, Bogor, Jawa Barat, Indonesia (*Geological Map of The Bogor Quadrangle Jawa*).

Batuan di lokasi ini sebagian besar tersusun oleh clay shale. Tiga titik pengambilan sampel masing-masing titik ditandai dengan BD-1, BD-2 dan BD-3. dilakukan dengan cara pemboran dan coring sampai kedalaman 20 m – 30 m dengan diameter 2.5 inchi. Material keras berada pada kedalaman pemboran lebih dari 8 meter, dengan bentukan berupa potongan-potongan tipis yang mudah hancur terutama bila diremas oleh tangan dan bersisipan dengan tanah liat. Semakin dalam, lapisan clay shale mulai utuh. Pengamatan di

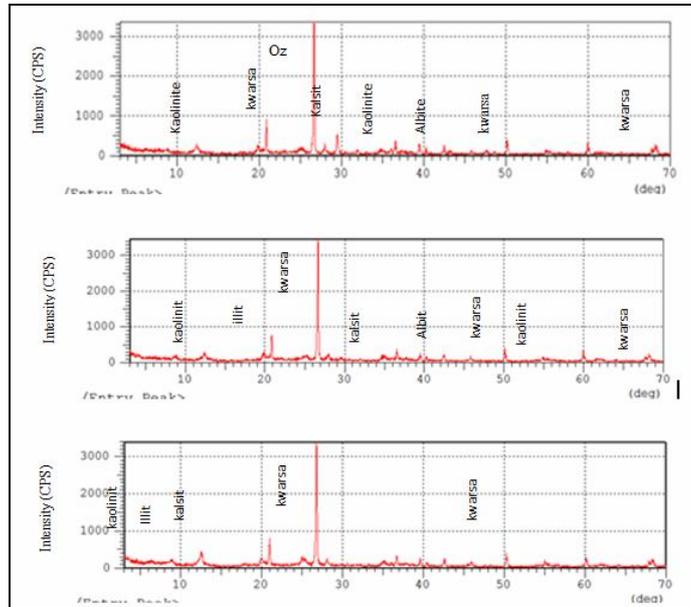
lapangan memperlihatkan bahwa clay shale yang telah terekspos memiliki laminasi dengan fissility yang banyak serta adanya retakan-retakan yang semakin lama semakin meluas. Clay shale mudah mengalami keruntuhan atau mudah mengalami perubahan dari batuan yang semula nampak keras menjadi batuan yang lemah. Proses perubahan ini berlangsung dalam beberapa bulan bagi clay shale yang telah tersingkap.



Gambar 2. Kondisi clay shale di Sentul City yang telah tersingkap

Berdasarkan analisis petrografi dengan menggunakan difraksi sinar-X (XRD), Clay shale di titik pemboran BD-1 dan BD-2 memiliki komposisi mineral berupa Kuarsa, Kalsit, Albite, Illite dan Kaolinite. Komposisi mineral yang berbeda ditunjukkan pada sampel BD – 3. Dimana terdapat kandungan mineral montmorilonit selain mineral Kuarsa, Kalsit, Albite,

Illite dan Kaolinite. Montmorilonit merupakan ciri mineral yang terdapat pada batuan clay shale selain mineral Illite dan Kaolinite. Mineral Illite merupakan mineral yang banyak terdapat pada pelapukan lanjut. Illit memiliki ikatan yang lebih kuat dibandingkan kaolinite sehingga lebih stabil, dan menyebabkan aktivitas illit jauh lebih besar.



Gambar 3. X-ray Difraksi, Sentul City Clay shale BD-1, BD-2, BD-3

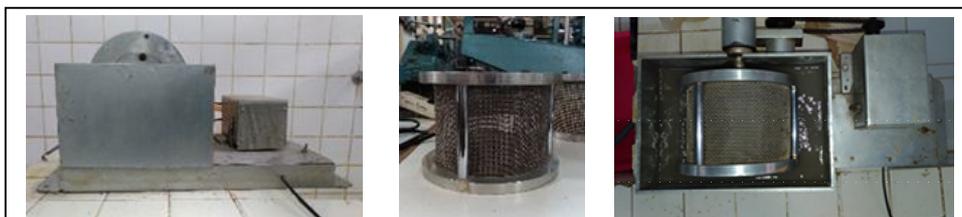
## 2. Metodeologi Pengujian

Sample undisturbed diambil di daerah Sentul City, Bogor, Jawa Barat, Indonesia pada tiga titik pemboran yaitu BD - 01 yang terletak pada koordinat S06°34'18.2" E106°51'28.5" ; BD – 02 S06°34'16" E106°51'27.6" ; BD – 03 S06°34'14.9" E106°51'25.7". Kondisi sampel BD 01 terdapat kandungan pasir yang berukuran kasar sampai medium dan hanya memiliki sedikit lempung. Pada sampel BD 02 kandungan pasirnya berukuran halus, serpih dan lempung. Sedangkan pada BD 03 kandungan materialnya berukuran serpih dan lempung. Pengujian dilakukan di Laboratorium Geoteknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Parahyangan, Bandung, Indonesia. Prosedur pengujian dilakukan sesuai dengan standar ASTM dan SNI.

Prosedur Uji slaking dynamic (slake durability) dilakukan sesuai dengan SNI

340.2011, standar ASTM D4644-87 (menurut ISRM 1979), tentang Cara uji untuk Slake Durability dari Shales dan Batuan Lemah. Beberapa contoh dipotong dengan ukuran yang representatif untuk setiap siklus, dengan berat contoh total berkisar 400-550 gr. Uji dilakukan dengan material kering yang telah dioven, sehingga tidak mencerminkan kondisi alami. Terutama untuk material batuan yang memiliki daya tahan batuan yang rendah dalam kondisi alami.

Alat uji durability di laboratorium Geoteknik Universitas Parahyangan, Indonesia terdiri dari satu set drum dengan diameter 140 mm dan panjang 100 mm dengan lubang dinding saringan kawat berukuran 2 mm. Drum diputar dengan air di dalamnya setinggi 150 mm pada suhu 24°C – 27°C.



Gambar 4. Alat Uji Slake Durability

Selanjutnya contoh ditempatkan di dalam drum bersih dan dikeringkan di oven pada suhu 105° C selama ± 14-16 jam sampai berat konstan. Setelah contoh di keluarkan dari oven dan didiamkan selama 20 menit lalu ditimbang untuk menghitung kadar airnya. Masukkan drum yang berisi contoh ke dalam alat uji durability dan diberi air setinggi 15 Cm, Selanjutnya dilakukan pemutaran drum yang digerakkan oleh motor yang mampu memutar drum dengan kecepatan 20 rpm, dengan kecepatan konstan selama 10 menit. Setelah slaking untuk periode 10 menit pertama, contoh batuan tersebut kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105° C selama 16 jam. Akhirnya, contoh kering

ditimbang untuk mendapatkan beratnya. Pengujian dilakukan untuk beberapa siklus. Dengan adanya rotasi drum, berarti terjadi penyaringan hancuran batuan, dimana fraksi yang berukuran lebih besar dari 2 mm akan tertahan di dalam drum, sementara fraksi yang berukuran kurang dari 2 mm akan lolos keluar. Hasil kualitatif dari uji ini adalah slake durability index (Id) yang dinyatakan dalam rumus:

$$I_d = \frac{WF - C}{B - C} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

Dimana : Id = slake durability index, B = berat drum ditambah sampel kering sebelum siklus pertama, gr, WF = berat drum ditambah sampel kering setelah siklus kedua, gr, C= berat drum, gr.

Tabel 1. Class value and classification obtained from Slake Durability test (Gamble, 1971)

Group Name	% retained after one 10 min cycle (dry weight basis)	% retained after two 10 min cycle (dry weight basis)
Very High Durability	> 99	> 98
High Durability	98-99	95-98
Medium High Durability	95-98	85-95
Medium Durability	85-95	60-85
Low Durability	60-85	30-60
Very Low Durability	< 60	< 30

Sumber, Budiarto Widjaja

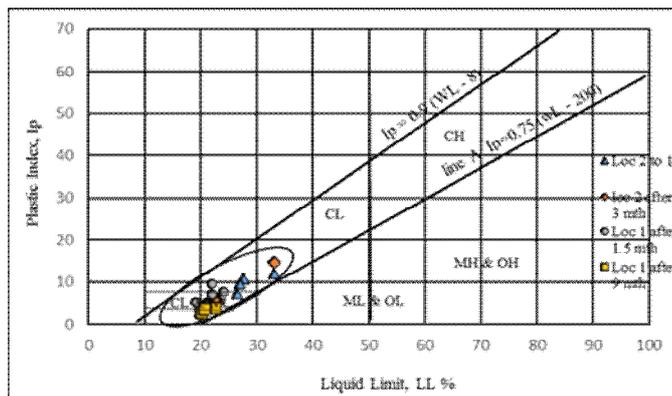
Uji slaking dynamic dilakukan dalam tiga masa yaitu pengujian sesaat setelah pengambilan sampel, pengujian setelah 3 bulan dan pengujian setelah 9 bulan. Sampel dibiarkan

terbuka di dalam suhu ruangan 24°C – 26°C tanpa diberi air ataupun pembebanan. Tujuannya untuk mengetahui ada tidaknya penurunan terhadap ketahanan clay shale secara alami.

### 3. Hasil Pengujian dan Diskusi

Indeks propertis material dilakukan sebelum pengujian lebih lanjut, termasuk juga pengujian sifat fisik terhadap plastisitas batuan. Uji batas atterberg dilakukan untuk mendapatkan nilai

indeks plastis. Kurva A pada Gambar. 5, menunjukkan nilai batas cair dan indeks plastis. Dengan nilai Indeks Plastik (IP) 4 - 12, sampel clayshale yang diuji termasuk dalam klasifikasi batuan yang memiliki karakter CL yaitu lempung dengan nilai batas cair di bawah 50%.



Gambar 5 Indeks plastisitas hasil pengelompokkan dalam bagan A

Pengujian slaking dynamic (*slake durability*) dilakukan dalam tiga masa pengujian yaitu pengujian pertama BD.1- 1; BD.2 – 1; BD.3 – 1 dilaksanakan sesaat setelah pengambilan sampel, pengujian kedua dilaksanakan 3 bulan kemudian BD.1- 4; BD.2 – 4; BD.3 – 4 dan pengujian ke tiga dilaksanakan 9 bulan kemudian BD.1- 9; BD.2 – 9; BD.3 – 9.

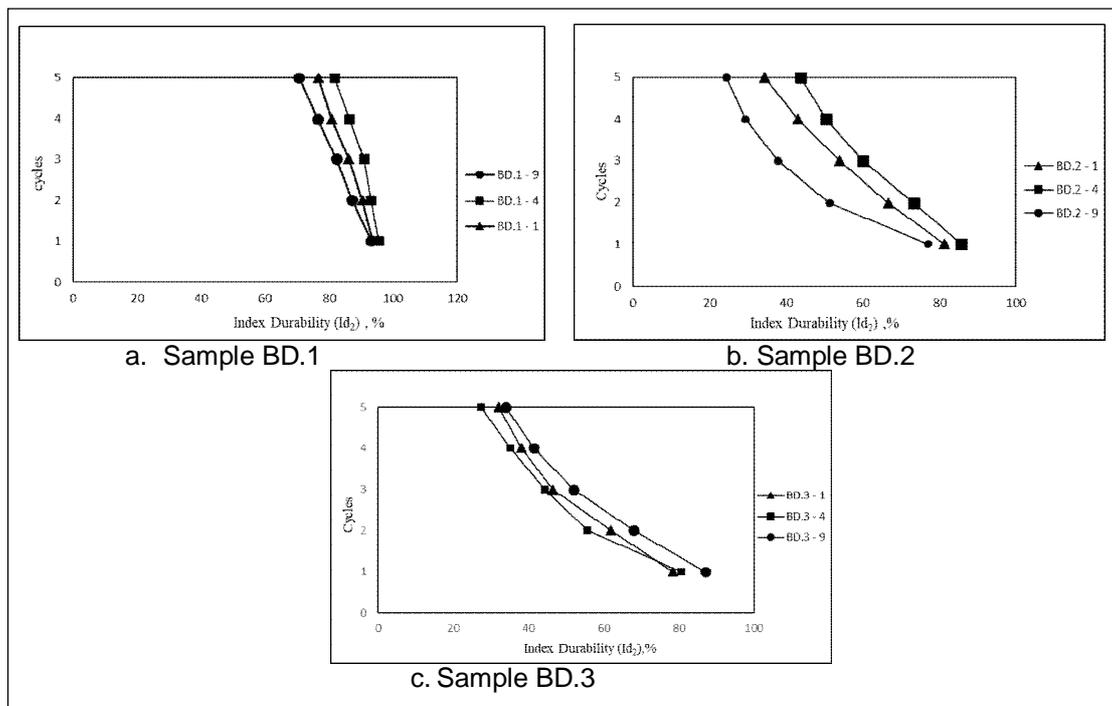
Gambar 6 memperlihatkan hasil dari pengujian slake durability dalam beberapa waktu. Sample BD.1 dengan nilai indeks durability ( $I_{d2}$ ) diatas 85 % diklasifikasikan dalam medium high durability. Sample BD.2 pada nilai indeks durability ( $I_{d2}$ ) 51,4% - 73,33 % masuk dalam klasifikasi low durability to medium durability. Sample BD.3 pada nilai indeks durability ( $I_{d2}$ ) 55,65 % - 68 % masuk dalam klasifikasi low durability to medium durability.

Pada kurva ini terlihat bahwa tidak semua sampel menunjukkan perilaku durabilitas yang semakin menurun terhadap waktu. Sample BD.1 memperlihatkan seolah olah sampai bulan ke 9 tidak terjadi perubahan tingkat durabilitas. Kondisi clay shale yang diuji melalui proses basah kering secara ekstrim, tetap menunjukkan tingkat durabilitas medium –high. Hancuran batuan sangat sedikit dan ditunjukkan pada gambar 7.a. Sample BD.2, memperlihatkan terjadinya perubahan penurunan durabilitas clay shale terhadap waktu. Di bulan pertama dan ke tiga, tingkat durabilitas masih berada dalam klasifikasi *medium durability*. Penurunan terlihat

setelah pengujian di bulan ke 9 yaitu menjadi *low durability*. Pada gambar 6.b terlihat kurva untuk sample BD.2.- 9, setelah dalam kondisi kering kemudian dibasahi, sample mengalami *swelling* yang cukup cepat dan selanjutnya hancur untuk semua sample yang disediakan dalam pengujian dari siklus ke siklus. seperti diperlihatkan pada gambar 7.b. Selanjutnya, perilaku yang berbeda diperlihatkan oleh sample BD.3 gambar 6.c. Dari kurva ini memperlihatkan bahwa pada pengujian di bulan ke 3, clay shale menunjukkan penurunan tingkat durabilitas dari medium durability ke *low durability*, akan tetapi pada pengujian di bulan ke 9 tidak dijumpai penurunan nilai durabilitas dan seolah olah kondisi clay shale di bulan ke 9 masih tetap seperti kondisi clay shale di awal pengambilan sample.

Dari ketiga sample yang diuji, terlihat bahwa sample BD.3 Memiliki nilai indeks durability ( $I_{d2}$ ) yang paling rendah. Hal ini sesuai dengan hasil pengujian *X-Ray Defraction*, dimana clay shale pada sample BD.3 mengandung mineral montmorilonit.

Kurva ini menunjukkan terjadinya pelemahan akselerasi serpih lempung dengan indeks plastisitas yang lemah. Selanjutnya diperlihatkan hubungan indeks durability dengan indeks plastis, dimana dalam hubungan tersebut dapat dibuat sebuah kurva yang memiliki nilai batas atas dan nilai batas bawah untuk perilaku clay shale pada formasi jatiluhur dengan persamaan rata-rata..



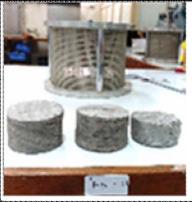
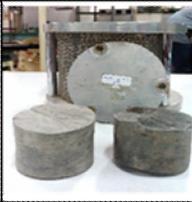
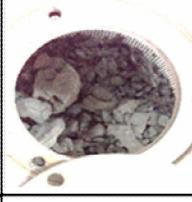
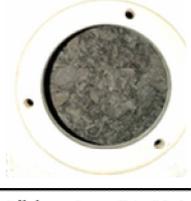
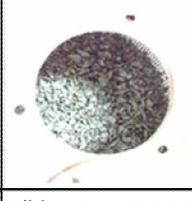
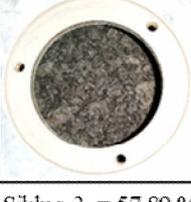
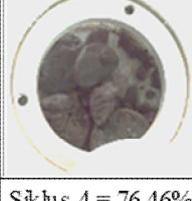
Gambar 6. Hasil Pengujian Slake Durability

Gambar 7 memperlihatkan contoh bentuk hancuran clay shale dari tiap siklus. pada

sampel BD.1, bentuk hancurannya berukuran tidak seragam. Dari siklus pertama sampai siklus

ke lima, proses degradasi batuanya berlangsung lambat. Pada sample BD.2, daya tahan batuan relatif lebih rendah dibanding sample BD.1, sehingga dari siklus pertama, clay shale langsung mengalami degradasi. Pada siklus-siklus berikutnya hancuran dari clay shale

ini mendekati seragam dengan ukuran lebih kecil dari 0,5 inch (12,7 mm). Sample BD.3 memperlihatkan hancuran batuan yang sangat seragam setelah mengalami proses basah-kering secara berulang. Ukuran hancuran clay shale lolos dari saringan # 4.

		
Sampel = 5,15 %	Sampel = 7,27 %	Sampel = 6,59 %
		
Siklus 1 = 93.14%	Siklus 1 = 87.37 %	Siklus 1 = 83.52 %
		
Siklus 2 = 87.25%	Siklus 2 = 71.58 %	Siklus 2 = 65.93 %
		
Siklus 3 = 82.35%	Siklus 3 = 57.89 %	Siklus 3 = 49.45 %
		
Siklus 4 = 76.46%	Siklus 4 = 46.32 %	Siklus 4 = 40.66 %
		
Siklus 5 = 70.59%	Siklus 5 = 36.84 %	Siklus 5 = 34.07 %
a. Sample BD-1    b. Sample BD-2    c. Sample BD-3		

7. Bentuk hancuran batuan sampel

Proses penyerapan kapiler dapat terjadi pada batuan yang memiliki retakan. Air akan cepat mengisi celah, mengisi ruangan dan mendorong dinding, sampai akhirnya hancur. Seperti kebanyakan zat, batuan akan mengembang saat ia memanas dan menyusut saat ia menjadi dingin. Menurut I.A Sadisun, 2003, dengan memanaskan batuan ke dalam oven, panas batuan itu secara termal diperluas, dan dengan merendammkannya ke dalam air, lapisan permukaan batuan menjadi dingin tetapi bagian tengahnya atau bagian dalamnya masih perlu beberapa kali untuk menjadi dingin karena hasilnya permukaan batuan menyusut sementara bagian tengah meluas menempatkan batuan dalam banyak *stress* yang dihasilkan dengan retakan dan dengan melakukan tes ini berulang-ulang retakan menjadi jelas bahkan mengalami hancur.

#### 4. Kesimpulan

1. Clay shale yang berada di lokasi Sentul city, Bogor, Jawa Barat, memiliki plastisitas yang rendah dengan indeks plastis (IP) 4 – 12, mengakibatkan clay shale memiliki tingkat durabilitas yang tinggi sehingga cenderung lebih kuat.
2. Tingkat durabilitas yang berbeda-beda yaitu mulai dari *high durability* sampai *low durability*. BD.1 memperlihatkan nilai indeks durability diatas 87 %, BD.2 memberikan nilai indeks durability 51,4 % - 73,33 % dan sample BD.3 memberikan nilai indeks durability 55,68 % - 68,00 %. Semakin ke utara tingkat durabilitas clay shale semakin rendah. Pengujian di bulan pertama, bulan ke tiga dan bulan ke sembilan memperlihatkan bahwa di lokasi penelitian ini dalam waktu 9 bulan belum mengalami penurunan durabilitas.
3. Clay shale di lokasi BD.1 adalah yang paling durable dibandingkan dengan BD.2 dan BD.3. Sedangkan clay shale di lokasi BD.3 berada dalam klasifikasi low durability dan medium slaking.

#### Daftar Pustaka

*A study of the durability of some shales, mudrocks and siltstones from Brazil*, Eduardo A.G, Marques, Euri Pedes Do A. Vargas JR, and Franklin S. Antunes, *Geotechnical and Geological Engineering* (2005), 23: 321–348  
*An Introduction to Geotechnical Engineering*, Robert D. Holtz, William D. Kovacs, Prentice Hall Civil Engineering and Engineering Mechanics Series, 1981.

*Assessing the Behavior of Clay-Bearing Rocks Using Static and Dynamic Slaking Indices*, M. Heidari, B. Rafiei.,Y. Mohebbi, M. Torabi-Kaveh, *Geotech Geol Eng* (2015) 33:1017–1030

*Determination Of Rock Strength From Slake Durability Tests, Protodyakonov Impact Tests and Los Angeles Abrasion Resistance Tests*, Chinmoy Swain, Thesis Bachelor of Technology In Mining Engineering National Institute of Technology Rourkela, 2010

*Engineering geological classification of weak rocks*, Marion Nickmann, Georg Spaun And Kurosch Thuro, IAEG2006 Paper number 492, The Geological Society of London 2006, 1-9.

*Engineering Geological Investigations Into the Border Between Hard and Weak Rocks*, M. Nickmann, S. Sailer, J. Ljubescic & K. Thuro, *Geologically Active – Williams et al. (eds)*, Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-60034-7, 2010

*Evaluation of Physical Determination of Slake-Prone Rock Subjected to Static Slaking Test*, Imam A. Sadisun, Hideki Shimada, Masamoto Ichinose and Kikuo Matsui; The 11th Japan National Symposium for Rock Mechanics 2002  
*Fragility of a Dark Gray Shale in Northeastern Jamaica: Effects and Implications of Landslip Exposure*, Mark Anglin Harris, *Environ Earth Sci* (2010), 61:369–377

*Improving the Jar Slake, Slake Index and Slake Durability Tests for Shales*, Paul M. Santi, *Environmental and Engineering Geo science*, Vol IV, No. 3, 385-396, 1998.

*Methods for Predicting Shale Durability in the Field*, Santi Paul M & Higgins Jerry D, *Geotechnical Testing Journal* Vol 21 No.3, ASTM, 1998

*Rock Mechanics*, Alfred R Jumikis, Gulf Publishing Company, Houston London, 1983

*Slaking Process and Mechanisms Under Static Wetting and Drying Cycles Slaking Tests in a Red Strata Mudstone*, Jianfeng Qi, Wanghua Sui.Ying Liu,.Dingyang Zhang, *Geotech Geol Eng* (2015), 33:959–972

*Standard Test Method for Slake Durability of Shales and Similar Weak Rocks*, ASTM International, D 4644 – 87 (Reapproved 1998)

*Studi Karakteristik Clay shale Bukit Sentul (Bogor) Berdasarkan Uji Lapangan dan Uji Laboratorium*, Budijanto Widjadja, Tesis Universitas Katholik Parahyangan, 2001

*The Role Of Clays And Shales In Low Resistivity Log Response*, [www.ihrdc.com/els/ipims-demo/t26/offline\\_IPIMS\\_s23560/resources/data/G4105.htm](http://www.ihrdc.com/els/ipims-demo/t26/offline_IPIMS_s23560/resources/data/G4105.htm), 2016

*Weathering and durability of the Goldsworthy Chalk Stones*, South Downs, West Sussex, England, Cherith MosesÆ Rendel Williams, *Environ Geol* (2008) 56:495–506.