

**STUDI KARAKTERISTIK CLAYSHALE
BUKIT SENTUL (BOGOR) BERDASARKAN
UJI LAPANGAN DAN UJI LABORATORIUM**

Tesis



Budijanto Widjaja, ST

NRP : 1997830008

NIRM : 41067011970505



Program Studi Magister Teknik Sipil
Program Pascasarjana
Universitas Katolik Parahyangan
Bandung
2001

**STUDI KARAKTERISTIK CLAYSHALE
BUKIT SENTUL (BOGOR) BERDASARKAN
UJI LAPANGAN DAN UJI LABORATORIUM**

Tesis



Budijanto Widjaja, ST

NRP : 1997830008

NIRM : 41067011970505

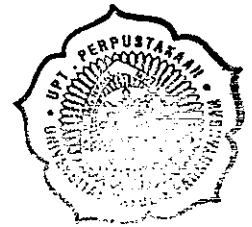
Persetujuan Tesis :

Pembimbing I merangkap penguji :
Prof. Dr. Paulus P. Rahardjo, MSCE

Pembimbing II merangkap penguji :
Ir. Theo F. Najoan, MEng

Penguji I :-
Dr. I Wayan Sengara, MSCE

Penguji II :
Ir. Wisjnu Y. Brotodihardjo, MSCE



STUDY OF THE ENGINEERING CHARACTERISTICS OF BUKIT SENTUL CLAYSHALE BASED ON LABORATORY AND INSITU TEST

Name : Budijanto Widjaja
NRP : 1997830008
NIRM : 41067011970505

Advisor : Prof. Dr. Paulus P. Rahardjo, MSCE
Ir. Theo F. Najoran, MEng

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
Civil Engineering Graduate Program

ABSTRACT

As a sedimentary rock material, the strength of clayshale depends mainly on its durability. The dry-wet cycles develop capillarity effect that will disintegrate particle bond, which are followed by increasing of both pore water pressure and pore air pressure. This phenomenon is called slaking.

In this research, clayshale samples were taken from Bukit Sentul-Bogor at a depth of 1.0 m - 10.5 m below ground surface. The objectives of the research are to study the engineering characteristics of Bukit Sentul clayshale, studying effect of slaking on its durability, identifying a relevant geology and geotechnical classification, and also obtaining permeability and its hardness.

Based on the laboratory tests, Bukit Sentul clayshale is identified as a very soft rock with low stiffness based on geological classification by Wentworth (1922), Ingram (1953), Folk (1968), and Underwood (1967). Variation of clayshale durability is from low to high interval and its behavior is soil-like (Gamble, 1971; Deo, 1972; Morgenstern & Eigenbrod, 1974; Franklin, 1981). Weathering process is a significant factor and can reduce its durability to 50 %. Slaking is always followed by increase of water content and decrease in durability. This clayshale is noncollapsible material for undisturbed condition.

The physical property of Bukit Sentul clayshale is overconsolidated clay with low plasticity with water content varying between 4 - 10 %, plastic limit is 18-25% and liquid limit is 25 - 49.5 %, plasticity index is 5 - 42 %. Diagenetic bond is mainly dominant which followed by natural water content below plastic limit. Based on Skempton's activity number (1953) shows that its swelling potential is relatively low.

With conducting Packer Test, it shows that clayshale permeability is in range of 1.4×10^{-5} cm/sec - 3.5×10^{-4} cm/sec which is correlated to Lugeon value (L_v) is $1.17 \times 10^{-5} L_v$ cm/sec. Based on laboratory ultrasonic test, it shows that increasing of secondary velocity (V_s) is followed by increasing of its durability. It is showed that clayshale is an anisotropy material because ratio of axial modulus (E_a) and diametral modulus (E_d) vary from 0.31 - 0.44. Beside, coefficients at rest (K_0) from pressuremeter test vary from 1.4 - 2.1 and the value has a tendency to be reduced into different depth. It means that at deeper location, the K_0 value will be lower.

The correlation between point load index and uniaxial compression strength shows $q_u = 23 I_p(50)$. Modulus ratio of laboratory ultrasonic test and uniaxial compression (E_u) is 1/7. It shows that ratio of pressuremeter (E_p) and E_u is 1.2 - 1.8.

The study in general contributes more information about Bukit Sentul clayshale characteristics.

**STUDI KARAKTERISTIK CLAYSHALE BUKIT SENTUL (BOGOR)
BERDASARKAN UJI LAPANGAN DAN
UJI LABORATORIUM**

**Nama : Budijanto Widjaja
NRP : 1997830008
NIRM : 41067011970505**

**Pembimbing : Prof. Dr. Paulus P. Rahardjo, MSCE
Ir. Theo F. Najoan, MEng**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
Program Magister Teknik Sipil**

ABSTRAK

Clayshale (batuan serpih) sebagai material sedimentasi merupakan material yang kekuatannya sangat dipengaruhi oleh durabilitas. Pengaruh pembasahan pengeringan menyebabkan *clayshale* mudah mengalami desintegrasi ikatan partikel penyusunnya akibat peningkatan tekanan air dan udara pada pori-porinya karena adanya efek kapilaritas, yang disebut slaking. Selain itu, terdapat pula masalah pengklasifikasian yang tidak sederhana baik dalam tinjauan geologi maupun geoteknik.

Clayshale yang diteliti berada pada lokasi Bukit Sentul, Bogor dan lapisan *clayshale* rata-rata berada pada kedalaman 1.0 – 10.5 m dari permukaan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik *clayshale* Bukit Sentul, pengaruh slaking terhadap durabilitas, menggunakan klasifikasi geologi dan geoteknik yang relevan, menentukan sifat permeabilitas *clayshale*, dan menentukan tingkat kekerasan berkaitan dengan durabilitas *clayshale*.

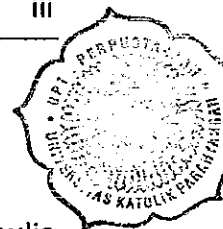
Clayshale Bukit Sentul merupakan batuan sangat lunak dengan kekakuan sangat rendah ini diklasifikasi secara geologi dari Wentworth (1922), Ingram (1953), Folk (1968), dan Underwood (1967). Durabilitas *clayshale* bervariasi dari rendah hingga tinggi dan berperilaku sebagai soil-like *clayshale* (Gamble, 1971; Deo, 1972; Morgenstern & Eigenbrod, 1974; Franklin, 1981). Proses pelapukan berpengaruh signifikan dan mampu mereduksi durabilitas hingga 50 %. Slaking ditandai dengan adanya peningkatan kadar air dan terjadi penurunan durabilitas. Material ini bersifat non-collapsible selama material ini tidak mengalami perubahan sifat (USDA, 1990).

Parameter fisik *clayshale* Bukit Sentul dengan perilaku sebagai lempung terkonsolidasi lebih (Johnson, 1964; Bjerrum, 1966; US Army, 1966) memiliki kadar air, w , antara 4 – 10 % dengan batas plastis, PL, 18 – 25 % dan batas cair, LL, berada dalam rentang 25 – 49.5 % serta indeks plastisitas, IP, antara 5 – 42 % dan dikategorikan sebagai lempung berplastisitas rendah (USCS). Ikatan diagenetik dalam *clayshale* Bukit Sentul sangat dominan yang ditandai dengan rendahnya kadar air di bawah PL dan plastisitasnya yang rendah. Nilai aktivitas dari Skempton (1953) menunjukkan potensi pengembangan *clayshale* ini relatif rendah.

Permeabilitas *clayshale* Bukit Sentul dari uji Packer berada dalam rentang 1.4×10^{-5} cm/det – 3.5×10^{-4} cm/det dan hubungan dengan nilai Lugeon adalah $1.17 \times 10^{-5} L_u$ cm/det. Berdasarkan hasil uji ultrasonik laboratorium, *clayshale* dengan durabilitas rendah memiliki kecepatan rambat gelombang geser (V_s) kurang dari 700 m/det. *Clayshale* bersifat anisotropi berdasarkan perbandingan modulus dalam arah aksial dan diametral pada uji uniaksial yang bervariasi antara 0.31 – 0.44. Selain itu, harga K_0 yang diperoleh dari uji pressuremeter bervariasi antara 1.4 – 2.1 dan cenderung berkurang terhadap kedalaman.

Korelasi antara point load index dan kuat tekan uniaksial pada *clayshale* Bukit Sentul ditunjukkan $q_u = 23 I_{s(50)}$. Perbandingan modulus uji ultrasonik laboratorium terhadap modulus aksial uji uniaksial (E_a) adalah 1/7. Perbandingan modulus pressuremeter (E_p) terhadap E_a adalah 1.2 – 1.8.

Secara umum, studi ini dapat memberikan sumbangan pada pengetahuan tentang sifat-sifat *clayshale* di lokasi tersebut.



Kata Pengantar

Kami panjatkan syukur kepada Allah dengan keajaiban dan rahmatNya penulis mampu menyelesaikan tesis yang berjudul ***Studi Karakteristik Clayshale Bukit Sentul (Bogor) berdasarkan Uji Lapangan dan Uji Laboratorium.*** Dalam penelitian ini lebih difokuskan kepada pengungkapan karakteristik fisik dan teknis dari clayshale sehubungan dengan durabilitas batuan. Clayshale banyak membawa problema geoteknik sehubungan adanya efek slaking.

Penulisan ini tak mungkin lepas dari kerjasama terhadap individu maupun institusi yang telah dibina selama ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada ***Prof. Dr. Paulus-P. Rahardjo, MSCE*** dan ***Ir. Theo F. Najoan, MEng*** selaku pembimbing penelitian ini dan kepada tim pembahas lainnya yaitu ***Dr. I Wayan Sengara, MSCE*** dan ***Ir. Wisjnu Y. Brotodihardjo, MSCE*** atas masukan dan arahan dalam pembahasan tulisan ini. Tak lupa ucapan terima kasih kepada ***PT Bukit Sentul, Tbk., PT Testana Indoteknika, PT Harmonia,*** dan ***PT Jata Nurman*** beserta ***Geotechnical Engineering Center Unpar*** atas pendanaan dan kesempatan yang diberikan untuk meneliti material clayshale ini. Terima kasih pula atas dukungan dari mahasiswa S-1 & S-2 Universitas Katolik Parahyangan yang turut banyak membantu penulis dalam penelitian ini.

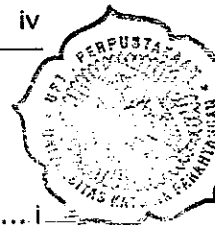
Dukungan terbesar yang sangat powerfull adalah berupa dukungan moral dan doa dari ***Mama, Papa, Rudy, Ahua,*** dan ***Yamei*** serta ***Harsono*** beserta keluarga. Terima kasih pula kepada teman-teman terbaik dan seperjuangan dalam penyusunan tesis yakni ***Ir. Freddy Gunawan*** dan ***Ir. Sandy P. Gayasih*** yang saling mengingatkan pentingnya segera menyelesaikan penelitian ini.

Pengalaman dan pengetahuan dari proses belajar-mengajar di S-1 dan S-2 Unpar beserta tenaga pengajar dan mahasiswa, menempa banyak hidup penulis untuk lebih menggeluti ilmu geoteknik sebaik-baiknya.

Penulis berharap agar penelitian ini dapat berguna bagi perkembangan ilmu geoteknik khususnya di Indonesia. Tak luput pula dari kesalahan dan kekurangan pada penelitian ini, penulis sangat mengharapkan masukan baik berupa kritik maupun saran demi menyempurnakan tulisan ini.

Bandung, Agustus 2001

Budijanto Widjaja



Daftar Isi

Abstrak	i
Kata-Pengantar.....	iii
Daftar Isi	iv
Daftar Gambar	vi
Daftar-Tabel.....	viii
Daftar Lampiran	ix
Daftar Notasi dan Simbol.....	x

Bab 1 Pendahuluan

1. 1 Latar Belakang.....	1
1. 2 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	2
1. 3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1. 4 Metode Penelitian	3
1.4. 1 Lokasi Pengujian.....	3
1.4. 2 Teknik Pengujian	3
1.4. 3 Teknik Analisis.....	4
1. 5 Sistematika Penulisan	4

Bab 2 Tinjauan Umum Clayshale

2. 1 Tinjauan Geologis.....	6
2.1. 1 Batuan Sedimen Clastic	6
2.1. 2 Shale.....	7
2.1. 3. Perbedaan Clay dan Clayshale	8
2. 2 Karakteristik Clayshale.....	9
2. 3 Uji Slaking (Slake Durability Test)	14
2. 4 Tingkat Pelapukan Batuan	14
2. 5 Identifikasi Clayshale di Lapangan.....	15
2. 6 Ciri-ciri Umum Clayshale.....	15
2. 7 Perilaku Clayshale	16
2.7. 1 Unweathered clayshale	16
2.7. 2 Pengaruh pelapukan.....	18
2. 8 Problem Geoteknik yang muncul Akibat adanya Clayshale	20
2. 9 Klasifikasi Clayshale	20

Bab 3 Metode Penelitian

3. 1 Klasifikasi Shale	31
3. 2 Pengambilan Sampel dan Pengujian di Laboratorium	31
3. 3 Sampel Tak Terganggu	32
3. 4 Uji Lapangan	32
3.4. 1 Uji Packer	32
3.4. 2 Uji Pressuremeter	36
3.4. 3 Uji Triaksial	48
3. 5 Uji Laboratorium	39
3.5. 1 Indeks Properti	39
3.5. 2 Mineral Lempung dan Aktivitas	40
3.5. 3 Slake Durability Test (Franklin & Chandra, 1972).....	40
3.5. 4 Uji Ultrasonik	41
3.5. 5 Point Load Test.....	43
3.5. 6 Uji Tekan Uniaksial.....	47
3. 6 Analisis Hasil Uji.....	49

Bab 4 Data dan Hasil Uji

4. 1 Lokasi Penelitian	50
4. 2 Kondisi Geologi	51
4. 3 Jenis-Jenis Pengujian	54
4. 4 Uji Lapangan	54
4.4. 1 Uji Standard Penetration Test dan Uji Sondir	54
4.4. 2 Uji Packer	54
4.4. 3 Uji Pressuremeter	55
4. 5 Uji Laboratorium	56
4.5. 1 Indeks Properti.....	56
4.5. 2 Slake Durability Test.....	58
4.5. 3 Uji Uniaksial.....	61
4.5. 4 Uji Triaksial.....	62
4.5. 5 Point Load Test	62
4.5. 6 Uji Ultrasonik	62
4.5. 7 Mineralogi.....	63

Bab 5 Hasil Penelitian dan Diskusi

5. 1 Klasifikasi Geologi dan Geoteknik Clayshale.....	64
5.1. 1 Klasifikasi Geologi.....	64
5.1. 2 Klasifikasi Geoteknik	66
5. 2 Profil-Kadar Air dan Batas-batas Atterberg terhadap Kedalaman.....	71
5. 3 Hubungan Angka Pori dan Tegangan Total	71
5. 4 Perilaku Lempung Penyusun	72
5. 5 Hubungan Kadar Lempung dan Batas Cair.....	72
5. 6 Pengaruh Weathering terhadap Slake Durability Index.....	73
5. 7 Hubungan antara Kuat Tekan Uniaksial dengan Slake Durability Index	74
5. 8 Korelasi antara Batas Cair dan Slake Durability Index.....	76
5. 9 Collapsible Potential	76
5. 10 Potensi Pengembangan Clayshale.....	77
5. 11 Korelasi antara Berat Isi Kering dengan Kadar Air	77
5. 12 Hubungan Kadar Air dan Kuat Tekan Uniaksial.....	78
5. 13 Hubungan Liquidity Index dan Kuat Tekan Uniaksial	79
5. 14 Korelasi Point Load Index dan Kuat Tekan Uniaksial.....	79
5. 15 Perbandingan Modulus dari Uji Uniaksial dan Uji Ultrasonik Laboratorium	80
5. 16 Hubungan antara Kuat Tekan Uniaksial dan Uji Triaksial	81
5. 17 Korelasi antara Kuat Tekan Uniaksial dengan Modulus	81
5. 18 Hubungan Kecepatan Rambat Gelombang Geser (V_s) dan $I_d(2)$	83
5. 19 Perbandingan Kuat Geser antara Uji Lapangan dan Uji Laboratorium	83
5. 20 Korelasi Nilai Lugeon dan Angka Permeabilitas.....	86

Bab 6 Kesimpulan dan Saran

6. 1 Kesimpulan	88
6. 2 Saran	90

Referensi	xii
Bibliografi	xvi
Lampiran.....	xviii

Daftar Gambar

Bab 2 Tinjauan Umum Clayshale

Gambar 2. 1 : Fragmen-fragmen pada clayshale	7
Gambar 2. 2 : Penentuan derajat pelapukan (Henkel, 1982)	14
Gambar-2. 3 : Riwayat tegangan tanah terkonsolidasi lebih (Bjerrum, 1966) ..	17
Gambar 2. 4 : Klasifikasi Geologis Shale dari Underwood (1967)	23
Gambar 2. 5 : Casagrande Plasticity Chart (British Standar)	25
Gambar 2. 6 : Klasifikasi Geoteknik Gamble (Gamble, 1971).....	26
Gambar 2. 7 : Sistem klasifikasi Deo (Deo, 1972).....	26
Gambar 2. 8 : Sistem klasifikasi Morgenstern dan Eigenbrod (1974)	28
Gambar 2. 9 : Shale Rating Chart (Franklin, 1981)	29
Gambar 2. 10 : Klasifikasi Batuan (Deere & Miller, 1966).....	30

Bab 3 Metode Penelitian

Gambar 3. 1 : Uji Packer dengan <i>single packer</i>	33
Gambar 3. 2 : Pola Lugeon untuk uji Packer (Houlsby, 1976)	35
Gambar-3. 3 : Alat uji pressuremeter	37
Gambar 3. 4 : Prosedur uji pressuremeter (ASTM D 4719).....	38
Gambar 3. 5 : Casagrande Plasticity Chart (Casagrande, 1948).....	39
Gambar 3. 6 : Skema alat Slake Durability Test (ASTM D4644-87)	41
Gambar 3. 7 : Skema Uji Ultrasonik Laboratorium	42
Gambar 3. 8 : Alat uji Point Load Test (ELE, 1993)	44
Gambar 3. 9 : Beberapa bentuk sampel untuk (a) diametral test (b) axial test (c) block test (d) irregular lump test (ISRM, 1985).....	45
Gambar 3. 10 : Skema keruntuhan (a) diametral test yang baik (b) axial test yang baik (c) block test yang baik (d) diametral test yang kurang baik (e) axial test yang kurang baik	46
Gambar 3. 11 : Alat uji triaksial (ELE, 1993)	49

Bab 4 Data dan Hasil Uji

Gambar 4. 1 : Lokasi Penelitian	50
Gambar 4. 2 : Lokasi Penelitian pada Formasi Jatiluhur	52
Gambar 4. 3 : Lokasi Pengambilan Sampel Tak Terganggu	52
Gambar 4. 4 : Lokasi titik bor.....	53
Gambar 4. 5 : Nilai Lugeon dan Permeabilitas hasil Uji Packer	55
Gambar 4. 6 : Perilaku shale berdasarkan Casagrande Plasticity Chart	57
Gambar 4. 7 : Distribusi Ukuran Butir	57
Gambar 4. 8 : Profil slake durability index (Id) terhadap siklus uji	61
Gambar 4. 9 : Perbandingan kecepatan rambat gelombang primer dan kecepatan gelombang rambat gelombang sekunder.....	63

Bab 5 Hasil Penelitian dan Diskusi

Gambar 5. 1 : Distribusi ukuran butir	64
Gambar 5. 2 : Klasifikasi Clayshale Bukit Sentul (after-Gamble, 1971)	66
Gambar 5. 3 : Shale rating untuk clayshale Bukit Sentul (after Franklin, 1981)	68
Gambar 5. 4 : Klasifikasi batuan berdasarkan q_u dan E (after-Deere & Miller, 1966)	69
Gambar 5. 5 : Profil Durabilitas-Clayshale Bukit Sentul melalui B6, B2, B41, B43, dan B44	69
Gambar 5. 6 : Profil Durabilitas Clayshale Bukit Sentul melalui B01, B02, B08, B09, B10, B11, dan B12	70
Gambar 5. 7 : Profil Batas Atterberg dan Kadar Air terhadap Kedalaman	71
Gambar 5. 8 : Hubungan Angka Pori dan Tegangan Vertikal Total	72
Gambar 5. 9 : Hubungan antara Batas Cair dan Kadar Lempung Clayhale	73
Gambar 5. 10 : Hubungan antara batas cair dan indeks plastisitas clayshale ...	73
Gambar 5. 11 : Hubungan siklus pengujian slake durability test dan I_d	74
Gambar 5. 12 : Hubungan I_d2 dan persentase lempung terhadap kedalaman .	75
Gambar 5. 13 : Hubungan kuat tekan uniaksial dan $I_{d(2)}$	75
Gambar 5. 14 : Korelasi Batas Cair (LL) dan Slake Durability Index ($I_{d(2)}$)	76
Gambar 5. 15 : Potensi-Kemudahruntuhan Clayshale (after USDA, 1990)	77
Gambar 5. 16 : Hubungan Berat-Isi Kering dan Kadar Air	78
Gambar 5. 17 : Hubungan antara kuat-tekan uniaksial dan kadar air clayshale	78
Gambar 5. 18 : Hubungan Liquidity Index dan Kuat Tekan Uniaksial	79
Gambar 5. 19 : Korelasi Point Load Strength Index $I_{s(50)}$ dan Kuat Tekan Uniaksial (q_u)	80
Gambar 5. 20 : Perbandingan Modulus Uji-Uniaksial dan Uji Ultrasonik	80
Gambar 5. 21 : Hubungan antara Kuat Tekan Uniaksial dan Modulus	82
Gambar 5. 22 : Kurva normalisasi E dan q_u terhadap σ_t	82
Gambar 5. 23 : Hubungan Kecepatan Rambat Gelombang Geser dan Slake Durability Index	83
Gambar 5. 24 : Perbandingan Kuat Geser Tak Teralir pada uji uniaksial, uji triaksial, dan uji pressuremeter	84
Gambar 5. 25 : Perbandingan modulus uji lapangan dan uji laboratorium	85
Gambar 5. 26 Variasi harga koefisien tekanan tanah at rest (K_0) dengan kedalaman (after Skempton, 1961)	85
Gambar 5. 27 : Korelasi Koefisien Permeabilitas dan Lugeon pada clayshale ...	86

Daftar Tabel

Bab 2 Tinjauan Umum Clayshale

Tabel 2. 1 : Karakteristik Umum Clayshale.....	10
Tabel 2. 2 : Harga Tipikal Vs pada beberapa material (Spangler & Handy, 1982)	11
Tabel 2. 3 : Klasifikasi geologis (Ingram, 1953).....	21
Tabel 2. 4 : Klasifikasi Geologis (Folk, 1968).....	22
Tabel 2. 5 : Klasifikasi British Standard (BSI, 1957).....	24

Bab 3 Metode Penelitian

Tabel 3. 1 : Jenis dan Kuantitas Pengujian	32
Tabel 3. 2 : Urutan pemberian tekanan pada uji-packer.....	34
Tabel 3. 3 : Estimasi Limit Pressure pada Lempung (Briaud, 1987)	39
Tabel 3. 4 : Klasifikasi Kekuatan Batuan (FHWA, 1982)	48

Bab 4 Data dan Hasil Uji

Tabel 4. 1 : Bentuk Pengujian Sampel	54
Tabel 4. 2 : Interpretasi Hasil Uji Pressuremeter.....	56
Tabel 4. 3 : Resume Uji Laboratorium	59
Tabel 4. 4 : Slake Durability Index.....	61

Bab 5 Hasil Penelitian dan Diskusi

Tabel 5. 1 : Klasifikasi geologi	65
Tabel 5. 2 : Klasifikasi geoteknis.....	70

Daftar Lampiran

- Lampiran 1 : Lokasi Pemboran & Borlog
- Lampiran 2 : Indeks Properti
- Lampiran 3 : Analisis Saringan dan Hidrometer
- Lampiran 4 : Hasil Slake Durability Index
- Lampiran 5 : Hasil Uji Uniaksial
- Lampiran 6 : Hasil Uji Triaksial
- Lampiran 7 : Hasil Uji Point Load
- Lampiran 8 : Hasil Uji Ultrasonik
- Lampiran 9 : Uji Packer
- Lampiran 10 : Uji Pressuremeter
- Lampiran 11 : Uji Difraksi X-Ray

Daftar Notasi dan Simbol

A_c	:	Aktivitas-dari Skempton (1953)
C	:	Kohesi
D	:	Diameter pada uji point load
D_e	:	Diameter ekivalen pada uji point load
e	:	Angka pori
E	:	Modulus elastisitas
E_a	:	Modulus aksial uji uniaksial
E_d	:	Modulus diametral uji uniaksial
E_p	:	Modulus pressuremeter
$E_{ultrasonik}$:	Modulus uji ultrasonik laboratorium
F	:	Faktor koreksi uji point load index
g	:	Gravitasi
G	:	Modulus geser
G_s	:	Berat jenis (specific gravity)
h	:	Kedalaman
I_d	:	Slake Durability Index
$I_{d(2)}$:	Slake Durability Index pada siklus ke-2
IL	:	Liquidity Index = $(w-w_p)/IP$
IP	:	Index Plastisitas
I_m	:	Modified Soundness Index (klasifikasi geoteknik Deo, 1972)
$I_{s(50)}$:	Point load index (kg/cm^2)
k	:	Koefisien permeabilitas (cm/det)
K	:	Modulus Bulk
K_m	:	Coefficient of subgrade reaction- (kg/cm^3) dari uji pressuremeter
K_o	:	Koefisien tekanan tanah at rest
L	:	Jarak tempuh gelombang pada uji ultrasonik
L	:	Panjang lubang bor yang diuji untuk uji Packer
LL	:	Batas cair
L_u	:	Nilai Lugeon dari uji-packer
n	:	Porositas
N	:	Jumlah pukulan per 30 cm dari Standard Penetration Test
P	:	Beban-runtuh-pada-uji point load
P	:	Tekanan pada uji Packer
P_c	:	Tekanan prakonsolidasi
PL	:	Batas plastis
P_L	:	Limit Pressure pada uji pressuremeter
p_o	:	Tegangan-horisontal efektif pada uji pressuremeter
p_y	:	Yield pressure pada uji pressuremeter
q, Q	:	Laju volume air per tahap pemberian tekanan ($L/m/menit$) pada uji Packer
q_u	:	Kuat tekan uniaksial (kg/cm^2)

r	:	Jari-jari lubang bor
r_m	:	Mean radius for K_m calculation
RQD	:	Rock Quality Designation (%)
SL	:	Batas susut
S_u	:	Kuat geser tak teralir (undrained)
T	:	Waktu rambat gelombang
V_p	:	Kecepatan rambat gelombang primer (gelombang tekan, m/det)
V_s	:	Kecepatan rambat gelombang sekunder (gelombang geser, m/det)
w	:	Kadar air
w_p	:	Batas plastis
W	:	Lebar sampel pada uji point load
ΔI_L	:	Beda liquidity index awal dan akhir uji slaking dalam waktu 2 jam
λ	:	Konstanta elastik Lamé = $\rho (v_p^2 - 2v_s^2)$ (kg/cm ²)
ϵ_a	:	Regangan dalam arah aksial
ϵ_d	:	Regangan dalam arah diametral
γ	:	Berat isi (t/m ³)
γ_d	:	Berat isi kering (t/m ³)
ϕ	:	Sudut geser dalam (°)
ν	:	Angka Poisson
ρ	:	Massa jenis = γ/g
σ'_h	:	Tegangan horisontal efektif
σ_t	:	Tegangan vertikal total
σ'_v	:	Tegangan vertikal efektif



BAB 1

PENDAHULUAN

1. 1 Latar Belakang

Clayshale (batuan serpih) sebagai material *argillaceous* hasil sedimentasi banyak terdapat di seluruh dunia dan terkenal atas masalah karakteristiknya yang dapat bersifat rapuh serta dengan tingkat durabilitas yang rendah. Hal ini memunculkan banyak problem geoteknik seperti pemilihan material timbunan, daya dukung pondasi dangkal dan dalam, kestabilan lereng alam dan buatan, *piping* dan penurunan muka tanah (*subsidence*), konstruksi bawah tanah (*terowongan*), dan proyek irigasi.

Penelitian *clayshale* Bukit-Sentul berada dalam zona tidak jenuh air (*unsaturated zone*) sehingga efek kapilaritas sangat berpengaruh terhadap kekuatan *clayshale* di mana muka air tanah tidak ditemukan hingga akhir pemboran. Gaya kapilaritas yang muncul berperan akibat tegangan pori negatif yang muncul dan mampu meremukkan *clayshale* apabila ikatan *clayshale* tidak memadai sehingga dapat berperilaku sebagai tanah. Dalam hal ini, *clayshale* merupakan material transisi antara tanah dan batuan.

Akibat degradasi tersebut, *clayshale* dapat mengalami penurunan durabilitas dan berat isi, yang disebut *slaking* apabila material ini berada pada kondisi terbuka berdesintegrasi setelah adanya kontak dengan udara dan air.

Klasifikasi *clayshale* secara geologi (Wenworth, 1972; Ingram, 1953; Folk, 1968; Underwood, 1967) dan geoteknik (Terzaghi, 1936; Bjerrum, 1967; BSI, 1957; Gamble, 1971; Deo, 1972; Morgenstern & Eigenbrod, 1974; Botts, 1976) telah diusulkan serta ditunjukkan bahwa *clayshale* berada dalam daerah klasifikasi yang kabur dan kompleks.

Material *clayshale* banyak ditemui di lokasi Bukit Sentul, Jawa Barat berupa proyek pengembangan untuk pemukiman. Proyek ini mengalami banyak masalah sehubungan dengan keberadaan *clayshale* misalnya penanganan kelongsoran lereng, kegagalan daya dukung pondasi dangkal dan dalam, pemakaian *clayshale* sebagai bahan timbunan, dan kelayakan *clayshale* sebagai

pondasi dam. Dalam penelitian ini difokuskan kepada karakteristik *clayshale* dari uji lapangan dan laboratorium.

1. 2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mempelajari karakteristik *clayshale* di lapangan dan di laboratorium seperti indeks properti, permeabilitas, kuat geser, modulus, *Slake Durability Index* (I_{d2}), dan kecepatan geser (V_s).
2. Mempelajari efek slaking yang berhubungan dengan durabilitas *clayshale*
3. Mengklasifikasikan *clayshale* yang *durable* dan yang tidak *durable*

Tujuan penelitian ini adalah

1. memperoleh informasi mengenai karakteristik *clayshale* di Bukit Sentul
2. mengklasifikasikan *clayshale* berdasarkan klasifikasi geologi dan klasifikasi geoteknik yang relevan
3. menentukan dan mengidentifikasi *clayshale* yang *durable* dan yang dapat mengalami slaking
4. menentukan sifat permeabilitas dari *clayshale*
5. menentukan tingkat kekerasan dan durabilitas *clayshale* berdasarkan kecepatan rambat gelombang geser (V_s) untuk diterapkan pada uji downhole/crosshole.

1. 3 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur dengan mengumpulkan berbagai referensi yang relevan serta pengumpulan data sekunder pada lokasi tersebut. Langkah berikutnya adalah melakukan pengujian baik di lapangan maupun di laboratorium. Hasilnya kemudian dianalisis dan dievaluasi sesuai dengan tujuan penelitian tersebut.

Studi literatur dilakukan dengan mengambil berbagai referensi seperti standar pengujian (ASTM, BS), *textbook*, *paper*/jurnal dan bahan lain yang relevan. Studi literatur ini ditekankan sebagai gambaran terinci tentang karakteristik *clayshale* secara umum dan problema yang muncul akibat adanya material tersebut.

Pengumpulan data sekunder merupakan aktivitas koleksi informasi dan data dari lokasi Bukit Sentul. Beberapa studi dan laporan penyelidikan geoteknik seperti studi-kelayakan *clayshale* sebagai bahan timbunan, studi peningkatan daya dukung pondasi dalam, studi kelayakan-bendungan dapat menjadi bahan masukan untuk ditelaah. Beberapa rekomendasi dari studi yang ada dimasukkan sebagai saran seperti kemiringan lereng yang aman beserta tindakan pencegahannya.

Penelitian tentang *clayshale* dilakukan di lokasi Bukit Indocement dan Dam L-1, Bukit Sentul, Bogor. Khusus untuk lokasi Dam L-1, uji yang dilakukan berupa uji Packer saja. Penyelidikan geoteknik pada awal-konstruksi hingga saat ini baik di lapangan maupun di laboratorium yang telah dilaksanakan digunakan untuk menunjang ketersediaan data karakteristik *clayshale*.

Dalam menentukan sifat fisis dan teknis *clayshale* diasumsikan, diuji, dan dianalisis sebagai material-tanah berupa lempung. Efek slaking yang terjadi selama pemboran dan coring diabaikan. Uji durabilitas batuan dalam hal ini berupa slake durability test, menggunakan metode Franklin & Chandra (1972).

1. 4 Metode Penelitian

1.4. 1 Lokasi Pengujian

Lokasi Bukit Sentul merupakan lahan pengembangan kota baru seluas 2465 ha. Untuk keperluan konstruksi, banyak diperoleh galian dan timbunan yang sebagian besar berupa *clayshale*. Untuk keperluan penelitian dipilih salah satu lokasi pengembangan yang disebut Bukit Indocement dan Dam L-1. Luas cakupan Bukit Indocement ini adalah \pm 216 ha berada pada elevasi 190 m -270 m dari permukaan laut dengan kemiringan lereng bervariasi antara 5° - 15°. Dam L-1 merupakan lokasi cikal bakal bendungan.

1.4. 2 Teknik Pengujian

Teknik pengujian untuk *clayshale* pada daerah Bukit Sentul ini meliputi uji lapangan dan uji laboratorium. Pengujian tersebut mengikuti prosedur tertentu yang dibahas lengkap pada bab 3. Secara global, uji lapangan yang dilakukan berupa uji permeabilitas, berupa uji packer, dan uji pressuremeter, dan uji laboratorium antara lain meliputi indeks property, kuat geser, durabilitas batuan, mineralogi, dan gelombang ultrasonik.

Sampel pada uji laboratorium dibedakan menjadi dua macam yaitu sampel *unweathered clayshale* dan *weathered clayshale*. Sampel *unweathered clayshale* adalah sampel *intact rock* yang diambil sesaat setelah *coring* dan dianggap sebagai sampel tak terganggu untuk uji laboratorium. Sampel *weathered clayshale* adalah sampel *clayshale* pada *corebox* yang dibiarkan terbuka dan terekspos dengan udara luar selama kurun 30 hari, uji yang dilakukan hanya berupa uji slake durability test dan gradasi.

1.4. 3 Teknik Analisis

Pada bagian awal dilakukan pengklasifikasian batuan dari Bukit Sentul dengan menggunakan data uji laboratorium berupa indeks properti, kuat tekan, dan durabilitas *clayshale*. Durabilitas batuan dipisahkan berdasarkan harga slake durability index (I_{d2}) dengan klasifikasi geologi dan geoteknik yang relevan.

Setelah diketahui bahwa material ini adalah *clayshale*, penelitian dilanjutkan dengan mengembangkan korelasi-korelasi yang berhubungan dengan sifat fisis dan teknis *clayshale* Bukit Sentul. Penggunaan hasil pengujian lapangan dan laboratorium yang diharapkan adalah berupa pengklasifikasian *clayshale* berdasarkan atas durabilitas, kekerasan, dan kekuatannya. Dalam implementasinya, hasil korelasi tersebut antara lain dapat digunakan untuk :

1. menentukan durabilitas *clayshale* berdasarkan batas-batas Atterberg
2. memprediksi kekuatan, kekerasan, dan durabilitas *clayshale* berdasarkan *point load test*.
3. mendeteksi durabilitas batuan berdasarkan nilai V_s , misalnya dengan menggunakan data uji *cross hole/down hole*.

1. 5 Sistematika Penulisan

Penulisan terdiri dari enam bab dengan susunan sebagai berikut :

1. Pendahuluan

Bab ini menguraikan latar belakang, tujuan, dan lingkup penelitian serta menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian.

2. Tinjauan umum *clayshale*

Bab ini membahas secara mendetail tentang karakteristik *clayshale* secara umum dan problem geoteknik yang timbul akibat adanya *clayshale*.

3. Metode Penelitian

Bab ini membahas mengenai metode-pengujian yang digunakan pada penelitian ini. Pengujian yang dibahas meliputi uji lapangan dan laboratorium khususnya-dalam-penentuan karakteristik *clayshale*.

4. Data dan Hasil Uji

Bab ini menguraikan data berupa hasil uji lapangan dan uji laboratorium dalam menggali karakteristik *clayshale* di Bukit Sentul.

5. Hasil Penelitian dan Diskusi

Bab ini menguraikan secara mendetail hasil penelitian berupa analisis dan evaluasi karakteristik *clayshale* di Bukit Sentul, Bogor. Korelasi-korelasi yang relevan dikembangkan dalam bab ini.

6. Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi beberapa kesimpulan dan saran-saran dari hasil analisis dan evaluasi karakteristik *clayshale*.