

**KEKUATAN *CEMENT TREATED CLAY* DAN DEGRADASI AKIBAT
MAGNESIUM SULFAT**

Laporan Tugas Akhir
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana dari
Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Oleh :

Vicky Marita Siregar

NPM : 14 02 15531



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
JULI 2018**

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

**KEKUATAN CEMENT TREATED CLAY DAN DEGRADASI
AKIBAT
MAGNESIUM SULFAT**

Oleh :

VICKY MARITA SIREGAR

NPM : 14 02 15531

Telah diperiksa dan disetujui oleh Pembimbing

Yogyakarta, Juli 2018

Pembimbing




Dr. Eng. Luky Handoko

Disahkan oleh:

Ketua

Program Studi Teknik Sipil



Ir. AY. Hariyanto Setiawan, M.Eng., Ph.D.

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

**KEKUATAN *CEMENT TREATED CLAY* DAN DEGRADASI
AKIBAT
MAGNESIUM SULFAT**

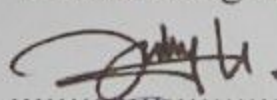

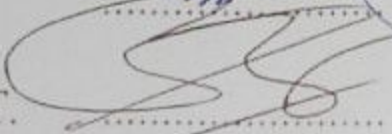


Oleh:

VICKY MARITA SIREGAR

NPM: 14 02 15531

Telah diuji dan disetujui oleh

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	: Dr. Eng. Luky Handoko		16/7/18
Anggota	: Ir. J. Tri Hatmoko, M.Sc.		16/7/18
Anggota	: Sumiyati Gunawan, S.T., M.T.		20/7/18

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan judul:

“KEKUATAN *CEMENT TREATED CLAY* DAN DEGRADASI AKIBAT MAGNESIUM SULFAT”

Benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide, data hasil penelitian maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir ini. Apabila terbukti dikemudian hari bahwa Tugas Akhir ini merupakan plagiasi, maka ijazah yang saya peroleh dinyatakan batal dan akan saya kembalikan kepada Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Yogyakarta, 29 Juni 2018

Yang membuat pernyataan



Vicky Marita Siregar

KATA HANTAR

Puji syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmatNya penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir dengan judul Kekuatan *Cement Treated Clay* dan Degradasi Akibat Magnesium Sulfat. Penulisan Tugas Akhir ini dilatar belakangi oleh permasalahan yang ditimbulkan oleh Lumpur Sidoarjo yang memiliki volume cukup besar sehingga dialihkan pembuangannya ke Sungai Porong. Hal ini tentu dapat mengurangi fungsi dari Sungai Porong dan berdampak kepada masalah lingkungan. Oleh karena itu dengan menerapkan ilmu ketekniksipilan, penulis melakukan metode perbaikan tanah dengan mencampur Lusi dengan semen (*cement treated clay/ CTC*) sehingga Lusi dapat dimanfaatkan untuk keperluan konstruksi.

Bab I laporan Tugas Akhir akan menjelaskan mengenai latar belakang, tujuan, manfaat, rumusan masalah dan keaslian tugas akhir, Bab II berisi referensi penelitian terdahulu sehingga menjadi tinjauan pustaka penulis, Bab III merupakan teori yang penulis gunakan sebagai pertimbangan dasat dalam pelaksanaan tugas akhir. Bab IV berisi metode yang penulis gunakan dalam pelaksanaan tugas akhir dan dijelaskan secara rinci. Bab V merupakan hasil uji laboratorium dan analisa pengujian dijelaskan pada Bab VI. Bab VII merupakan bab akhir yang berisi kesimpulan serta saran.

Yogyakarta, 29 Juni 2018

Vicky Marita Siregar

HALAMAN PERSEMBAHAN

Selama proses pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mendapat banyak sekali bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih pada:

1. Tuhan Yesus Kristus yang telah memberi hikmat serta penyertaan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Eng. Luky Handoko selaku pembimbing yang telah memberikan pengetahuan, arahan, bimbingan dan dukungan kepada penulis selama pengerjaan Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. J. Tri Hatmoko, M.Sc dan Ibu Sumiyati Gunawan S.T.,M.T. selaku dosen penguji yang telah memberi dukungan dan arahan kepada penulis.
4. Mas Ditya selaku staff Laboratorium Mekanika Tanah yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama pengerjaan Tugas Akhir ini
5. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan selama penulis melakukan Tugas Akhir.
6. Saudari Vi, Thea, Ariel, Laurita, Puspa, Erica dan saudara Vincent, Eko, Jonathan, Arnold, Gilbert, Ivan, Oktavian, yang telah mendukung dan membantu selama pengujian di laboratorium.

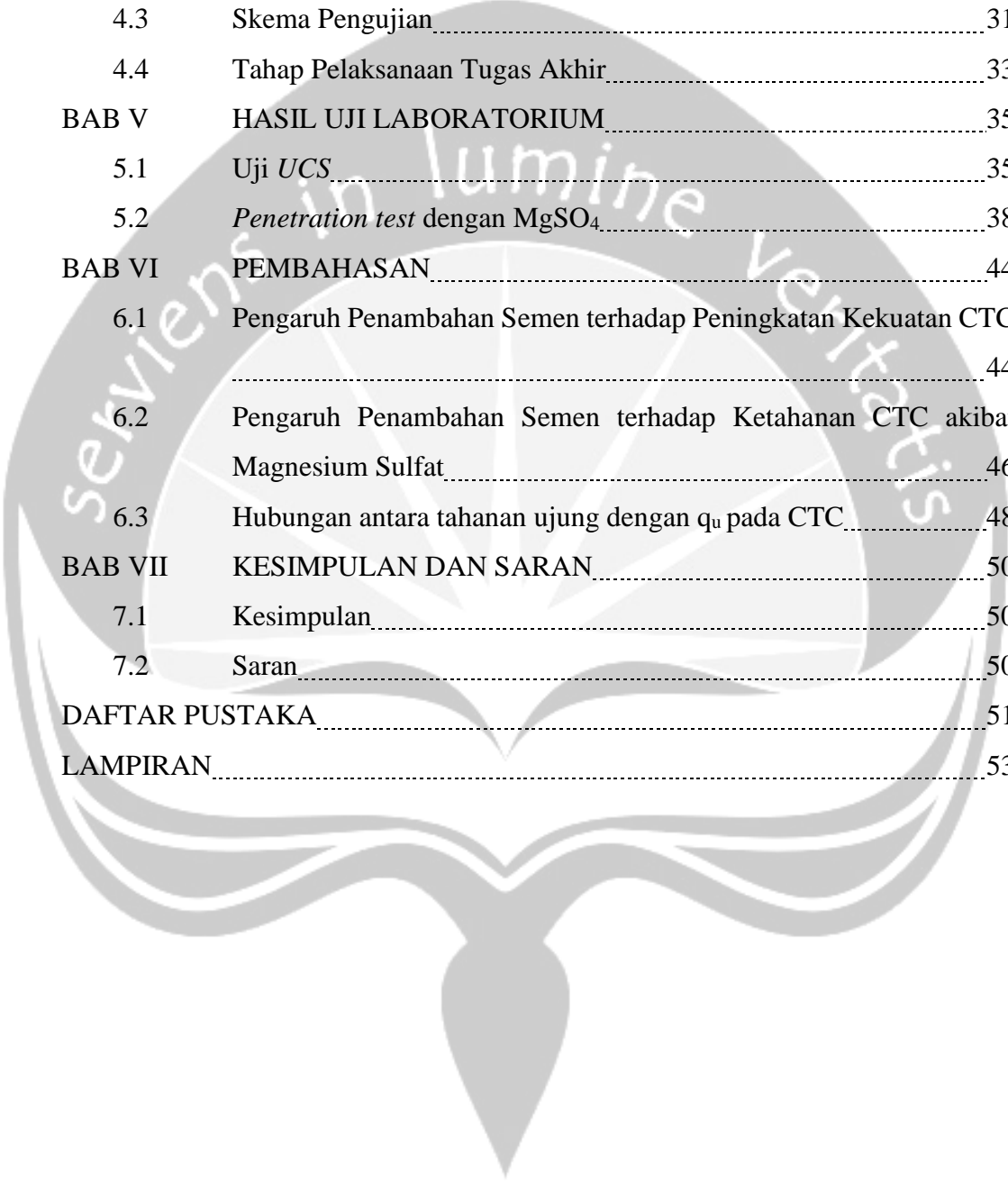
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Klasifikasi Penambahan Jumlah Semen terhadap Peningkatan Kekuatan Tanah (Zhang <i>et al.</i> , 2013).....	3
Gambar 2.1	Prediksi kekuatan dari beberapa jenis lempung dan tipe semen pada rasio kadar air:semen yang berbeda, rasio tanah:semen, dan <i>curing times</i> : (a) <i>Singapore marine clay</i> (Chian <i>et al.</i> , 2011); (b) <i>Bangkok clay</i> (Horpibulsuk <i>et al.</i> 2003); (c) <i>Ariake clay</i> (Horpibulsuk <i>et al.</i> 2003); (d) <i>kaolin clay</i> (VerÆstegui Flores <i>et al.</i> 2010); (e) <i>Yangtze River clay</i> (Wu <i>et al.</i> 1998); (f) <i>black clay</i> (Chen <i>et al.</i> 2001).....	8
Gambar 2.2	Perbandingan kekuatan antara perhitungan dengan rumus dan hasil uji laboratorium (Zhang <i>et al.</i> , 2013).....	10
Gambar 2.3	Perbandingan antara prediksi kekuatan berdasarkan rumus dan data laboratorium (validasi data) (Zhang <i>et al.</i> , 2013).....	11
Gambar 2.4	Kuat tekan relatif terhadap waktu untuk: (a) Campuran I; (b) Campuran II; (c) Campuran III; (d) Campuran IV; (e) Campuran V; (f) Campuran VI; (g) Campuran VII; (h) Campuran VIII; (i) Campuran IX; (j) Campuran X; (k) Campuran XI; dan Persentase perubahan massa terhadap waktu untuk: (l) Campuran I, II, III, IV, V, VI; (m) Campuran I, VII, VIII, IX, X, XI. (Hekal, 2002).....	13
Gambar 2.5	Metode pendekatan terhadap kedalaman degradasi oleh : a) HARA <i>et al.</i> , (2014); dan b) Yang <i>et al.</i> , (2016).....	16
Gambar 3.1	Komposisi Pengisi CTC.....	19
Gambar 3.2	Metode Penetapan kedalaman degradasi d_n (HARA <i>et al.</i> , 2014).....	21
Gambar 3.3	Distribusi kedalaman terhadap beban penetrasi (HARA <i>et al.</i> , 2014).....	22
Gambar 3.4	Perubahan kedalaman degradasi terhadap waktu perendaman (HARA <i>et al.</i> , 2014).....	22
Gambar 3.5	Perbandingan antara rumus pendekatan dengan uji laboratorium (HARA <i>et al.</i> , 2014).....	23
Gambar 3.6	Definisi kedalaman degradasi oleh lengkung ketahanan penetrasi (Yang <i>et al.</i> , 2016).....	24
Gambar 3.7	Kurva kedalaman degradasi jangka panjang (Yang <i>et al.</i> , 2016).....	24

Gambar 3.8	Kedalaman degradasi akibat : a) kadar semen; b) tekanan air laut; c) konsentrasi Ca^{2+} ; d) konsentrasi Mg^{2+} (Yang <i>et al.</i> , 2016).....	25
Gambar 4.1	Dimensi wadah spesimen untuk metode: a) UCS <i>Test</i> ; dan b) <i>penetration test</i>	27
Gambar 4.2	Skema alat pengujian metode UCS.....	30
Gambar 4.3	Jarum penetrasi dan skema jarum (Heriyani, 2017).....	31
Gambar 4.4	Skema alat pengujian (Heriyani, 2017).....	31
Gambar 4.5	Bagan alir penelitian tugas akhir.....	32
Gambar 5.1	Grafik UCS CTC S60-2.....	35
Gambar 5.2	Data UCS gabungan pada kadar air 60%.....	36
Gambar 5.3	Data UCS gabungan pada kadar air 120%.....	37
Gambar 5.4	Grafik <i>Penetration test</i> sampel S120-20.....	39
Gambar 5.5	Grafik Penetrasi gabungan pada kadar air 60%.....	40
Gambar 5.6	Grafik Penetrasi gabungan pada kadar air 120%.....	42
Gambar 6.1	Grafik gabungan Peningkatan Kekuatan CTC terhadap Berat Semen.....	44
Gambar 6.2	Sampel pengujian UCS pada zona I : (a) sebelum pengujian, (b) sesudah pengujian dan zona II : (c) sebelum pengujian, dan (d) sesudah pengujian.....	45
Gambar 6.3	Grafik Gabungan Hubungan Berat Semen terhadap Kedalaman Deteriorasi.....	47
Gambar 6.4	Hubungan antara tahanan ujung zona tidak terdeteriorasi dan kuat tekan.....	48

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
KATA HANTAR	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
INTISARI	xii
GLOSARIUM	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Keaslian Tugas Akhir	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
BAB III DASAR TEORI	17
3.1 Peningkatan Kekuatan Tanah Lempung oleh Semen	17
3.2 Degradasi CTC akibat Serangan Sulfat dari Luar	20
3.3 <i>Penetration Test</i>	21
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	27
4.1 Bahan	27
4.1.1 Lumpur Sidoarjo	27
4.1.2 Semen	28
4.1.3 Magnesium sulfat	28

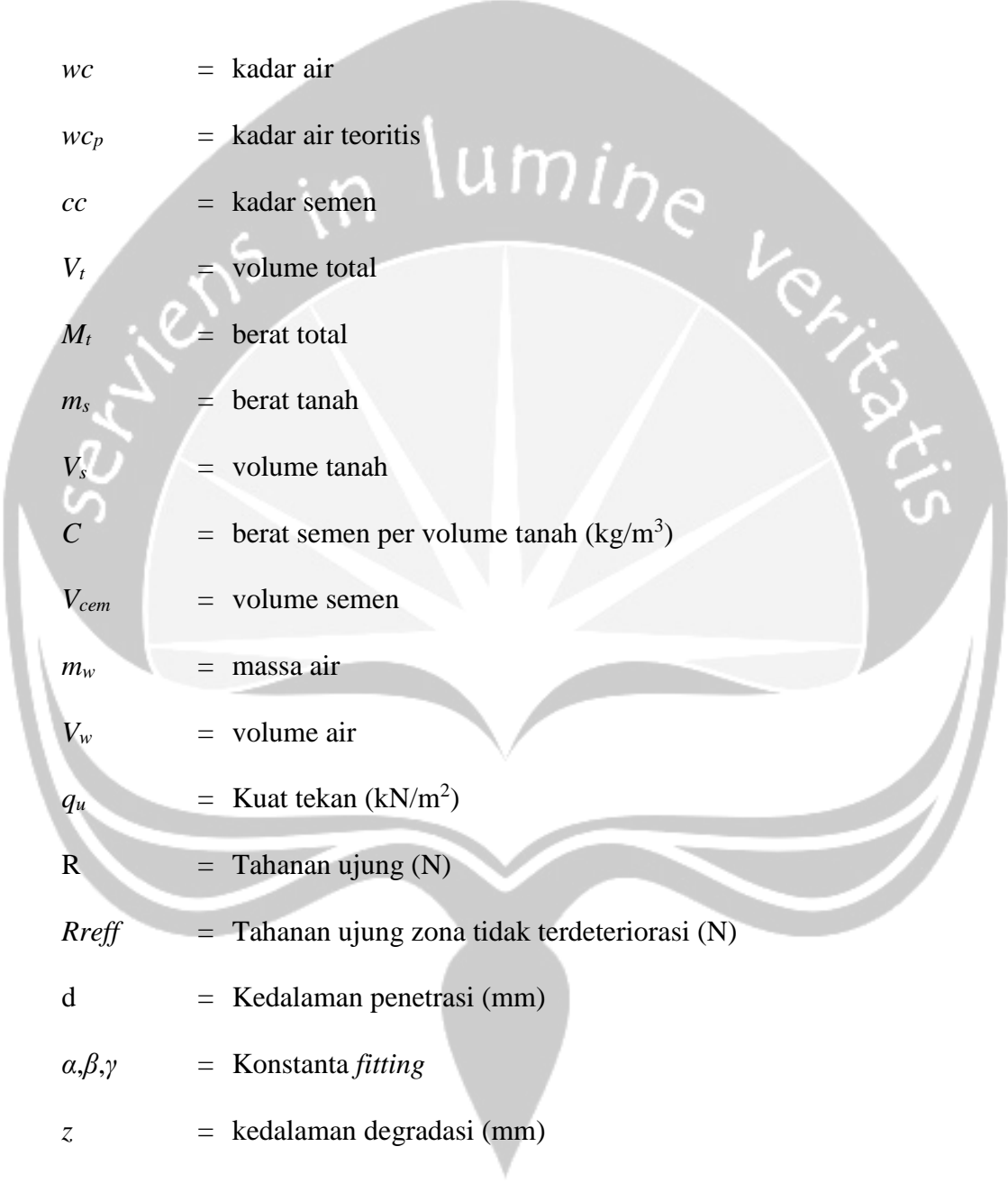


4.2	Metode Pengujian.....	28
4.2.1	Persiapan Spesimen.....	28
4.2.2	Alat Pengujian.....	30
4.3	Skema Pengujian.....	31
4.4	Tahap Pelaksanaan Tugas Akhir.....	33
BAB V	HASIL UJI LABORATORIUM.....	35
5.1	Uji UCS.....	35
5.2	<i>Penetration test</i> dengan MgSO ₄	38
BAB VI	PEMBAHASAN.....	44
6.1	Pengaruh Penambahan Semen terhadap Peningkatan Kekuatan CTC.....	44
6.2	Pengaruh Penambahan Semen terhadap Ketahanan CTC akibat Magnesium Sulfat.....	46
6.3	Hubungan antara tahanan ujung dengan q _u pada CTC.....	48
BAB VII	KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
7.1	Kesimpulan.....	50
7.2	Saran.....	50
	DAFTAR PUSTAKA.....	51
	LAMPIRAN.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Detail Campuran dari Validasi Pengujian UCTs dan Target q_u (Zhang <i>et al.</i> , 2013)	11
Tabel 2.2	Komposisi Campuran (Hekal, 2002)	12
Tabel 3.1	Komponen kimia air laut (HARA <i>et al.</i> , 2014)	20
Tabel 4.1	Campuran spesimen untuk pengujian UCS dan <i>penetration test</i>	29
Tabel 5.1	Tabel Kadar Air Akhir pada pengujian UCS Kadar Air 60%	37
Tabel 5.2	Tabel Kadar Air Akhir pada UCS Kadar Air 120%	38
Tabel 5.3	Tabel Kadar Air Akhir pada <i>Penetration Test</i> kadar air 60%	41
Tabel 5.4	Tabel Kadar Air Akhir pada <i>Penetration Test</i> kadar air 120%	42
Tabel 5.5	Tabel Kadar Volume Padat	43

GLOSARIUM



w_c	= kadar air
w_{cp}	= kadar air teoritis
cc	= kadar semen
V_t	= volume total
M_t	= berat total
m_s	= berat tanah
V_s	= volume tanah
C	= berat semen per volume tanah (kg/m^3)
V_{cem}	= volume semen
m_w	= massa air
V_w	= volume air
q_u	= Kuat tekan (kN/m^2)
R	= Tahanan ujung (N)
R_{reff}	= Tahanan ujung zona tidak terdeteriorasi (N)
d	= Kedalaman penetrasi (mm)
α, β, γ	= Konstanta <i>fitting</i>
z	= kedalaman degradasi (mm)

INTISARI

Tanah tidak terpakai seperti tanah sisa pengerukan, tanah lempung lepas pantai merupakan permasalahan karena memiliki sifat kembang/susut, daya dukung rendah, gaya geser rendah serta penurunan sehingga sulit digunakan untuk keperluan konstruksi. Contoh tanah lempung yang tidak terpakai di Indonesia adalah fenomena Lumpur Sidoarjo (Lusi) yang menjadi permasalahan lingkungan dan masyarakat karena Lusi dibuang ke Sungai Porong yang dapat berdampak kepada pendangkalan sungai dan permasalahan lainnya. Perbaikan dilakukan terhadap Lusi sehingga diharapkan dapat mengurangi permasalahan lingkungan akibat Lusi. Perbaikan dilakukan dengan mencampur Lusi dengan semen. Semen dipilih karena mudah didapat dan peningkatan kekuatan yang didapat cukup besar. Campuran antara tanah lempung dan semen disebut *cement treated clay* (CTC). CTC dapat digunakan untuk reklamasi ataupun perbaikan tanah daerah lepas pantai. CTC memiliki kelebihan yaitu pada kadar semen rendah maka gaya vertikal tanah yang dihasilkan kecil sehingga tanah asli dibawahnya dapat menopang CTC, sedangkan kadar semen tinggi digunakan untuk aplikasi *deep mixing* yaitu agar tanah yang diperbaiki dapat menopang beban di atasnya. Kondisi ekstrim yang dialami CTC untuk reklamasi dan perbaikan tanah bangunan lepas pantai memerlukan penelitian mengenai pengaruh air laut terhadap CTC. Salah satu komponen kimia air laut yang memiliki dampak cukup besar terhadap kekuatan CTC adalah Magnesium Sulfat ($MgSO_4$)

Tugas Akhir ini meneliti peningkatan kekuatan CTC pada kadar semen rendah dan kadar semen tinggi pada kondisi tanah dengan kadar air LL (60%) dan dua kali LL(120%) dengan metode uji UCS serta pengaruh degradasi yang dialami CTC akibat direndam dalam $MgSO_4$ dengan metode uji penetrasi. Wadah sampel untuk metode uji UCS adalah tabung diameter 5 cm dan tinggi 10 cm sedangkan untuk metode uji penetrasi adalah tabung dengan diameter dan tinggi 8cm. Sampel untuk pengujian UCS mengalami perawatan pada suhu ruang yang tidak dikontrol dan untuk pengujian penetrasi direndam dalam larutan $MgSO_4$ dengan kadar 10% sebagai penggambaran kondisi air laut selama 28 hari.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kekuatan tanah berdasarkan penambahan semen pada masing-masing kadar air dan peningkatan kekuatan CTC pada kadar semen rendah dan tinggi dapat diwakili dengan garis linear. Degradasi yang dialami CTC pada kadar semen rendah lebih tinggi dibandingkan pada kadar semen rendah dan pada rentang kadar semen yang tidak terlalu jauh memiliki sifat degradasi yang tidak jauh berbeda.

Kata kunci: *cement treated clay*, zona I, zona II, Magnesium Sulfat, pengujian UCS, pengujian penetrasi, peningkatan kekuatan tanah, degradasi.