

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pengujian tanah tanpa bahan tambah dan pengujian tanah menggunakan bahan tambah, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengujian tanah menggunakan bahan tambah mengalami peningkatan terhadap pengujian tanah tanpa bahan tambah.
2. Bahan tambah optimum dan efisien terdapat pada kadar kapur 6% dan limbah cair pabrik susu 35%
3. Pada pengujian kuat tekan bebas, penambahan kapur 6% mengalami kenaikan terhadap tanah asli sebesar 80,51% untuk kuat tekan bebas dan 80,52% untuk kuat geser. Penambahan kapur 6% dan limbah cair pabrik susu 35% mengalami kenaikan terhadap tanah + kapur 6% sebesar 169,67% untuk kuat tekan bebas dan 169,62% untuk kuat geser.
4. Pada pengujian triaxial, penambahan kapur 6% mengalami kenaikan terhadap tanah asli sebesar 3,6787% untuk sudut gesek dalam dan 145,1624% untuk kohesi. Penambahan kapur 6% dan limbah cair pabrik susu 35% mengalami kenaikan terhadap tanah + kapur 6% sebesar 31,6264% untuk kohesi dan penurunan 11,6326% untuk sudut gesek dalam.

5. Pada pengujian CBR, penambahan kapur 6% dan limbah cair pabrik susu 35% mengalami kenaikan terhadap tanah asli sebesar 47,1545% untuk penetrasi 0,1 dan 20,6262% untuk penetrasi 0,2.
6. Pada pengujian batas-batas atterberg, penambahan kapur 6% dan limbah cair pabrik susu 35% mengalami penurunan terhadap tanah asli sebesar 6,1399% untuk indeks plastisitas
7. Penambahan kapur 6% dan limbah cair pabrik susu 35% dapat menaikkan kuat tekan bebas, menaikkan kuat geser, menaikkan sudut gesek dalam, menaikkan kohesi, menaikkan CBR, dan menurunkan indeks plastisitas.

6.2 Saran

1. Sebaiknya dilakukan pengujian dengan lama pengeraman sampel agar dapat diketahui keawetan dan umur tanah yang sudah tercampur dengan kapur dan limbah cair pabrik susu.
2. Sebaiknya dilakukan analisis reaksi kimia yang terjadi saat kapur dan limbah cair pabrik susu dengan tanah berbutir halus.
3. Sebaiknya dilakukan pengujian geser langsung sebagai pembandingan pengujian triaxial dan kuat tekan bebas.
4. Sebaiknya melakukan pengujian CBR dan batas-batas atterberg pada masing-masing variasi agar mendapatkan kadar bahan tambah optimum

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
SURAT PERNYATAAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xiii
INTISARI	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 <u>Latar Belakang</u>	1
1.2 <u>Perumusan Masalah</u>	3
1.3 <u>Batasan Masalah</u>	3
1.4 <u>Keaslian Tugas Akhir</u>	4
1.5 <u>Tujuan Penulisan Tugas Akhir</u>	4
1.6 <u>Manfaat Penulisan Tugas Akhir</u>	5
1.7 <u>Lokasi Penelitian</u>	5
1.8 <u>Hipotesis</u>	5
BAB II TUNJAUAN PUSTAKA	7
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1. <u>Klasifikasi Tanah</u>	11
3.2. <u>Lempung (Clay)</u>	15
3.3. <u>Batas – batas Atterberg</u>	19
3.4. <u>Indeks Plastisitas (Plasticity Index)</u>	21
3.5. <u>Pemadatan Tanah</u>	22
3.6. <u>Kuat Tekan Bebas (UCS)</u>	24
3.7. <u>Triaxial</u>	26
3.8. <u>Califirnia Bearing Ratio (CBR)</u>	28
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	30
4.1. <u>Kerangka Penelitian</u>	30
4.2. <u>Gambar Rencana Penelitian</u>	35
4.3. <u>Lingkup Penelitian</u>	39
4.3.1 <u>Bahan Penelitian</u>	39
4.3.2 <u>Alat Penelitian</u>	41
4.4. <u>Prosedur Penelitian</u>	42
4.4.1 <u>Pengujian Limbah Cair Pabrik Susu</u>	42
4.4.2 <u>Pengujian Tanah Tanpa Bahan Tambah</u>	43
4.4.2.1 <u>Pengujian Klasifikasi Tanah</u>	43
4.4.2.2 <u>Pengujian Kekuatan Tanah</u>	46
4.4.3 <u>Pengujian Tanah Menggunakan Bahan Tambah</u>	53

4.4.3.1	Pengujian Utama	55
4.4.3.2	Pengujian Lanjutan	62
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN	66
5.1.	<u>Pemakaian Bahan Tambah</u>	66
5.2.	<u>Pengujian Limbah Cair Pabrik Susu</u>	67
5.3.	<u>Pengujian Tanah Tanpa Menggunakan Bahan Tambah</u>	69
5.3.1	Pengujian Klasifikasi Tanah	69
5.3.2	Pengujian Kekuatan Tanah	74
5.4.	<u>Pengujian Tanah Menggunakan Bahan Tambah</u>	86
5.4.1	Pengujian Utama	86
5.4.2	Pengujian Lanjutan	95
5.5.	<u>Peningkatan Pengujian</u>	98
5.5.1	Pengujian Kuat Tekan Bebas (UCS)	99
5.5.2	Pengujian Triaxial	105
5.5.3	Pengujian CBR	113
5.5.4	Indeks Plastisitas	114
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	116
6.1.	<u>Kesimpulan</u>	116
6.2.	<u>Saran</u>	117
DAFTAR PUSTAKA	xv
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Sistem Klasifikasi Unified	13
Tabel 3.2	Skema Nama Tanah Menurut Ukuran Butir (ASTM)	14
Tabel 3.3	Sistem Klasifikasi Klasifikasi Tanah AASHTO	15
Tabel 3.4	Klasifikasi Tanah Berdasarkan Berat Jenis Tanah	19
Tabel 3.5	Harga – harga Batas Atterberg untuk Mineral Lempung	21
Tabel 3.6	Tingkat Ekspansifitas Tanah	22
Tabel 3.7	Elemen – elemen dari Percobaan Pemadatan Standar	23
Tabel 3.8	Hubungan Kuat Tekanan Bebas (q_u) Lempung Dengan Konsistensinya	25
Tabel 4.1	Pengujian Limbah Cair Pabrik Susu	38
Tabel 4.2	Pengujian Identifikasi Sampel Tanah	38
Tabel 4.3	Pengujian Tanah + Kapur	38
Tabel 4.4	Pengujian Tanah + Kapur Optimum + Limbah Susu	39
Tabel 4.5	Pengujian Tanah Lanjutan + Kapur dan Limbah Susu	39
Tabel 5.1	Kandungan Kimia Limbah Cair Pabrik Susu	68
Tabel 5.2	Persentase Butir Tanah Lolos Saringan	70
Tabel 5.3	Nilai Kuat Tekan Bebas + Kapur (q_u)	99
Tabel 5.4	Nilai Kuat Geser + Kapur (C)	100
Tabel 5.5	Kenaikan Nilai q_u dan C dengan Penambahan Kapur	100
Tabel 5.6	Nilai Kuat Tekan Bebas + Kapur 6% + Limbah Cair Susu (q_u)	101
Tabel 5.7	Nilai Kuat Geser + Kapur + Limbah Cair Susu (C)	102
Tabel 5.8	Kenaikan Nilai q_u dan C dengan Penambahan Kapur + Limbah Cair Susu	103
Tabel 5.9	Hasil Pengujian Triaxial + Kapur	105
Tabel 5.10	Rata – rata Hasil Pengujian Triaxial + Kapur	105
Tabel 5.11	Kenaikan Nilai Sudut Gesek Dalam (ϕ) dan Kohesi (c) + Kapur ...	106
Tabel 5.12	Hasil Pengujian Triaxial + Kapur 6% + Limbah Cair Susu	109
Tabel 5.13	Rata – rata Hasil Pengujian Triaxial + Kapur 6% + Limbah Cair Susu	110
Tabel 5.14	Kenaikan Nilai Sudut Gesek Dalam (ϕ) dan Kohesi (c) + Kapur 6% + Limbah Cair Susu	111
Tabel 5.15	Hasil Pengujian CBR + Kapur 6% + Limbah Cair Susu 35%	113
Tabel 5.16	Kenaikan Nilai CBR + Kapur 6% + Limbah Cair Susu 35%	113
Tabel 5.17	Kenaikan Nilai IP + Kapur 6% + Limbah Cair Susu 35%	114

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Batas – batas Atterberg	19
Gambar 3.2	Skema Uji Tekan Bebas	25
Gambar 3.3	Contoh Gambar Pengujian Triaxial dalam Garis Mohr	27
Gambar 4.1	Diagram Kerangka Pemikiran Limbah Cair Pabrik Susu	33
Gambar 4.2	Diagram Kerangka Pemikiran Pengujian Tanah	34
Gambar 4.3	Tanah Lolos Saringan No. 40	40
Gambar 4.4	Kapur Lolos Saringan No. 200	40
Gambar 4.5	Limbah Cair Pabrik Susu PT Sari Husada Yogyakarta.....	41
Gambar 4.6	Pengujian Berat Jenis	44
Gambar 4.7	Pengujian Analisis Saringan dan Hidrometer	45
Gambar 4.8	Pengujian Batas Cair	46
Gambar 4.9	Pengujian Batas Plastis	46
Gambar 4.10	Proses Pencampuran Tanah dengan Air	47
Gambar 4.11	Pemadatan	48
Gambar 4.12	Pengeluaran Sampel Pemadatan	48
Gambar 4.13	Pengambilan Sampel UCS dari Model Pemadatan	49
Gambar 4.14	Pengeluaran Sampel UCS	50
Gambar 4.15	Sampel UCS.....	50
Gambar 4.16	Pengujian UCS.....	50
Gambar 4.17	Pengeluaran Sampel Triaxial	51
Gambar 4.18	Sampel Triaxial	52
Gambar 4.19	Pengujian Triaxial	52
Gambar 4.20	Pengujian CBR	53
Gambar 4.21	Pencampuran Tanah dengan Kapur.....	54
Gambar 4.22	Pencampuran Limbah Cair Pabrik Susu dengan Air.....	54
Gambar 4.23	Tabung Cetak Belah	57
Gambar 5.1	Grafik Distribusi Ukuran Butir	71
Gambar 5.2	Grafik Menentukan Batas Cair Tanah Asli	73
Gambar 5.3	Grafik Pemadatan Standar A	75
Gambar 5.4	Grafik Pemadatan Standar B	76
Gambar 5.5	Grafik Pemadatan Standar C	76
Gambar 5.6	Grafik Kuat Tekan Bebas Tanah Asli A	77
Gambar 5.7	Grafik Kuat Tekan Bebas Tanah Asli B	78
Gambar 5.8	Grafik Kuat Tekan Bebas Tanah Asli C	78
Gambar 5.9	Grafik Hubungan Antara Kuat Geser dengan Tegangan Normal Tanah Asli	83
Gambar 5.10	Grafik CBR Tanah Asli A	84
Gambar 5.11	Grafik CBR Tanah Asli B	85
Gambar 5.12	Grafik CBR Tanah Asli C	86
Gambar 5.13	Grafik Kuat Tekan Bebas + Kapur 6% A	88
Gambar 5.14	Grafik Kuat Tekan Bebas + Kapur 6% B	88
Gambar 5.15	Grafik Kuat Tekan Bebas + Kapur 6% C	89
Gambar 5.16	Grafik Kuat Tekan Bebas + Kapur 6% + Limbah 35% A	89
Gambar 5.17	Grafik Kuat Tekan Bebas + Kapur 6% + Limbah 35% B	90

Gambar 5.18	Grafik Kuat Tekan Bebas + Kapur 6% + Limbah 35% C	90
Gambar 5.19	Grafik Hubungan Antara Kuat Geser dengan Tegangan Normal Tanah + Kapur 6%	94
Gambar 5.20	Grafik Hubungan Antara Kuat Geser dengan Tegangan Normal Tanah Kapur 6% + Limbah 35%	94
Gambar 5.21	Grafik CBR Tanah Kapur 6% + Limbah 35% A	96
Gambar 5.22	Grafik CBR Tanah Kapur 6% + Limbah 35% B	96
Gambar 5.23	Grafik CBR Tanah Kapur 6% + Limbah 35% C	97
Gambar 5.24	Grafik Menentukan Batas Cair Tanah Kapur 6% + Limbah 35%	98
Gambar 5.25	Grafik Peningkatan Kuat Tekan Bebas + Kapur (q_u).....	99
Gambar 5.26	Grafik Peningkatan Kuat Geser + Kapur (C).....	100
Gambar 5.27	Grafik Peningkatan Kuat Tekan Bebas + Kapur + Limbah Cair Susu (q_u).....	102
Gambar 5.28	Grafik Peningkatan Kuat Geser + Kapur + Limbah Cair Susu (C)	103
Gambar 5.29	Grafik Peningkatan Tegangan Geser + Kapur	106
Gambar 5.30	Grafik Peningkatan Sudut Gesek Dalam (φ) + Kapur	107
Gambar 5.31	Grafik Peningkatan Kohesi (c) + Kapur	107
Gambar 5.32	Grafik Peningkatan Tegangan Geser + Kapur 6% + Limbah Cair Susu	110
Gambar 5.33	Grafik Peningkatan Sudut Gesek Dalam (φ) + Kapur 6% + Limbah Cair Susu	111
Gambar 5.34	Grafik Peningkatan Kohesi (c) + Kapur 6% + Limbah Cair Susu	112

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A Pengujian Limbah Cair Pabrik Susu

LAMPIRAN B Klasifikasi Tanah

LAMPIRAN B-1 Analisis Saringan dan Hidrometer

LAMPIRAN B-2 Berat Jenis Tanah Asli

LAMPIRAN B-3 Kadar Air Tanah Asli

LAMPIRAN B-4 Batas Cair Tanah Asli

LAMPIRAN B-5 Batas Plastis Tanah Asli

LAMPIRAN C Kekuatan Tanah Tanah Asli

LAMPIRAN C-1 Pemadatan

LAMPIRAN C-2 Kuat Tekan Bebas (UCS) Tanah Asli

LAMPIRAN C-3 Triaxial Tanah Asli

LAMPIRAN C-4 CBR Tanah Asli

LAMPIRAN D Kekuatan Tanah Tambah Kapur

LAMPIRAN D-1 Kuat Tekan Bebas (UCS) Tanah Tambah Kapur

LAMPIRAN D-2 Triaxial Tanah Tambah Kapur

LAMPIRAN E Kekuatan Tanah Tambah Kapur dan Limbah Cair Pabrik Susu

LAMPIRAN E-1 Kuat Tekan Bebas (UCS) Tanah Tambah Kapur dan Limbah Cair Pabrik Susu

LAMPIRAN E-2 Triaxial Tanah Tambah Kapur dan Limbah Cair Pabrik Susu

LAMPIRAN F Pengujian Lanjutan

LAMPIRAN F-1 CBR Tanah Tambah Kapur dan Limbah Cair Pabrik Susu Optimum

LAMPIRAN F-2 IP Tanah Tambah Kapur dan Limbah Cair Pabrik Susu Optimum

LAMPIRAN G Peningkatan

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

PI	= Indeks plastisitas (<i>Plasticity Index</i>) (%)
LL	= Batas cair (%)
PL	= Batas plastis (%)
w	= Kadar air (%)
GI	= Indeks grup
OMC	= Kadar air maksimum (%)
MDD	= Beratvolume kering (gr/cm^3)
γ_{wet}	= Berat volume basah (gr/cm^3)
γ_{dry}	= Berat volume kering (gr/cm^3)
G	= Berat jenis
ϕ	= Sudut geser dalam ($^{\circ}$)
C	= Kuat geser (kg/cm^2)
q_u	= Kuat tekan bebas (kg/cm^2)
c	= Kohesi (kg/cm^2)
σ	= Tegangan normal (kg/cm^2)
τ	= Kuat geser tanah (kg/cm^2)
θ	= Sudut teoritis ($^{\circ}$)

INTISARI

POTENSI LIMBAH CAIR PABRIK SUSU DAN KAPUR UNTUK PERBAIKAN SIFAT MEKANIK TANAH BERBUTIR HALUS, Pieter Koes Nugroho Gunawan, NPM 08 02 13071, tahun 2013, PSS Geoteknik, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Dalam dunia konstruksi, tanah merupakan daya dukung dari suatu bangunan. Kadang kala sering dijumpai tanah yang kurang memadai dalam standar konstruksi seperti tanah berbutir halus, oleh karena itu perlu adanya terobosan-terobosan baru guna memperbaiki tanah sehingga layak sebagai daya dukung bangunan di atasnya. Salah satu cara untuk memperbaiki tanah berbutir halus ini dengan memberikan bahan tambah seperti kapur dan limbah cair pabrik susu.

Pada penelitian ini, akan menggunakan bahan tambah kapur dengan kadar 4%, 6%, dan 8% serta limbah cair pabrik susu dengan kadar 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, dan 50%. Jenis pengujian yang dilakukan antara lain: berat jenis, kadar air, analisis saringan, analisis hidrometer, batas cair, batas plastis, indeks plastisitas, pemadatan, CBR, kuat tekan bebas (UCS), dan triaxial.

Sampel tanah merupakan tanah berbutir halus sedikit organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi dan mempunyai kualitas sedang sampai buruk. Setelah mengalami perbaikan dengan kapur dan limbah cair pabrik susu, dengan kadar optimum 6% kapur dan 35% limbah cair pabrik susu, didapat peningkatan kuat tekan bebas sebesar 169,67% dan kuat geser sebesar 169,62% terhadap tanah tambah kapur 6%. Penurunan sudut gesek dalam sebesar 11,6326% dan peningkatan kohesi sebesar 31,6264% terhadap tanah tambah kapur 6%. Peningkatan nilai CBR penetrasi 0,1 sebesar 47,1545% dan penetrasi 0,2 sebesar 20,6262%, serta penurunan IP sebesar 6,1399% terhadap tanah tanpa bahan tambah. Dengan hasil yang disampaikan, diharapkan bermanfaat bagi bidang pendidikan, masyarakat ataupun pihak lain sebagai alternatif perbaikan sifat mekanik tanah berbutir halus.

Kata kunci: Limbah cair pabrik susu, kapur, dan perbaikan sifat mekanik tanah berbutir halus

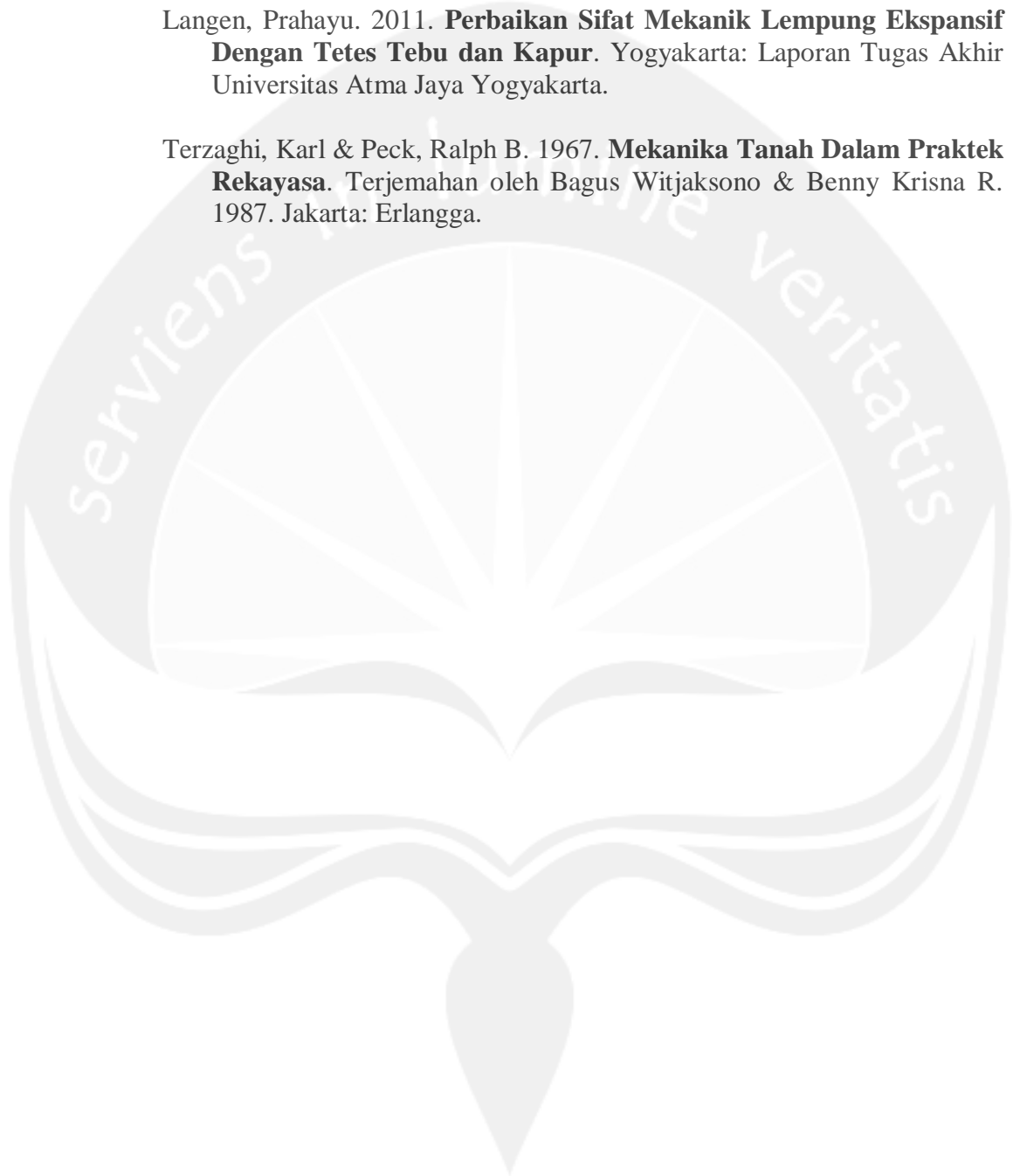
DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E. 1984. **Sifat-Sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)**. Terjemahan oleh Johan Kelanaputra H. 1986. Jakarta: Erlangga.
- Brenner, R. P. & Brand, E. W. 1977. **Geotechnical Aspects of Soft Clays**. Bangkok: Asian Institute of Technology.
- Buku Petunjuk Praktikum Penyelidikan Tanah**, Yogyakarta: UAJY.
- Chen, F.H. 1975. **Foundation on Expansive Soils**, *Elsevier Scientific Publishing Company*. New York: 1975.
- Christady, H. 2002. **Mekanika Tanah 1**. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Das, Braja M. 1985. **Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)**. Terjemahan oleh Noor Endah M. & Indrasurya B. M. 1998. Jakarta: Erlangga.
- Dunn, Irving S., Anderson, Loren R., & Kiefer, Fred W. 1980. **Dasar-Dasar Analisis Geoteknik**. Terjemahan oleh Achmad Toekiman. 1992. Semarang: IKIP Semarang Press.
- Gunawan, Sumiyati, 2008. **Catatan kuliah Mekanika Tanah I**.
- Hapsoro, Suryo. **Percobaan Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Campuran Abu Terbang dan Geosta**. MEDIA TEKNIK No. 2 Tahun XVIII Edisi Agustus 1996 No. ISSN 0216 – 3012.
- Hatmoko, John T. & Lulie. 2005. **UCS Tanah Lempung Ekspansif yang di stabilisasi dengan Abu Ampas Tebu dan Kapur**. Yogyakarta: Laporan Penelitian Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Hatmoko, John T. & Lulie. 2008. **Ketahanan Tanah Lempung Tersementasi Tiruan**. Yogyakarta: Laporan Penelitian Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- <http://id.wikipedia.org/wiki/Lempung>. diakses 4 maret 2012 pk 15.20 WIB.
- Koes, Pieter & Dkk. 2010. **Laporan Pratikum Penyelidikan Tanah**. Laporan tidak diterbitkan. Yogyakarta: UAJY.

Kusuma, Arie T. & Tunggal, Sanjaya. 2002. **Mekanisme Kimiawi Pada Teknologi Perbaikan Tanah Lempung**. Surabaya: Laporan Tugas Akhir Universitas Kristen Petra.

Langen, Prahayu. 2011. **Perbaikan Sifat Mekanik Lempung Ekspansif Dengan Tetes Tebu dan Kapur**. Yogyakarta: Laporan Tugas Akhir Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Terzaghi, Karl & Peck, Ralph B. 1967. **Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa**. Terjemahan oleh Bagus Witjaksono & Benny Krisna R. 1987. Jakarta: Erlangga.



LAMPIRAN A

Pengujian Limbah Cair Pabrik Susu



LAMPIRAN B

Klasifikasi Tanah

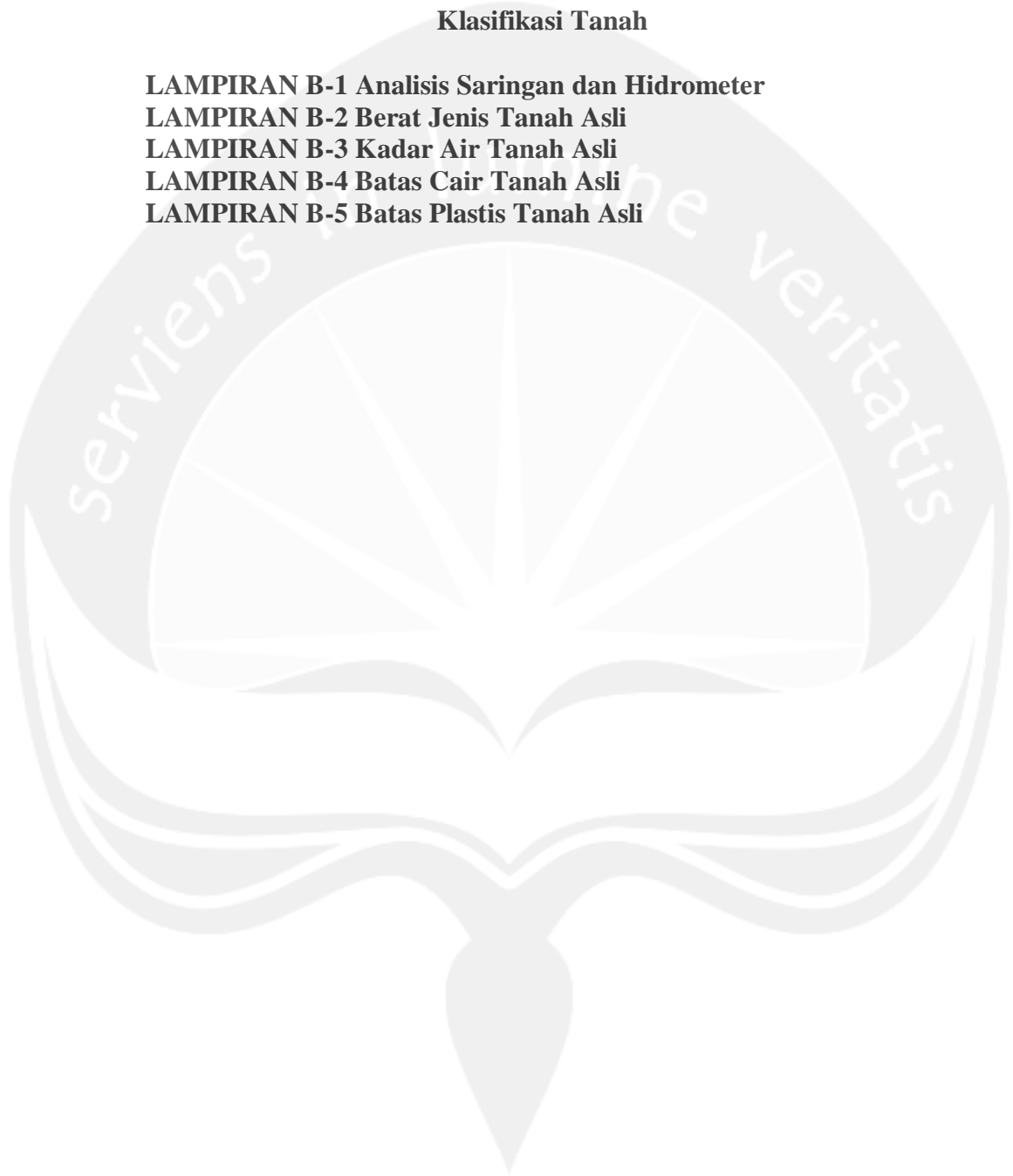
LAMPIRAN B-1 Analisis Saringan dan Hidrometer

LAMPIRAN B-2 Berat Jenis Tanah Asli

LAMPIRAN B-3 Kadar Air Tanah Asli

LAMPIRAN B-4 Batas Cair Tanah Asli

LAMPIRAN B-5 Batas Plastis Tanah Asli



LAMPIRAN C

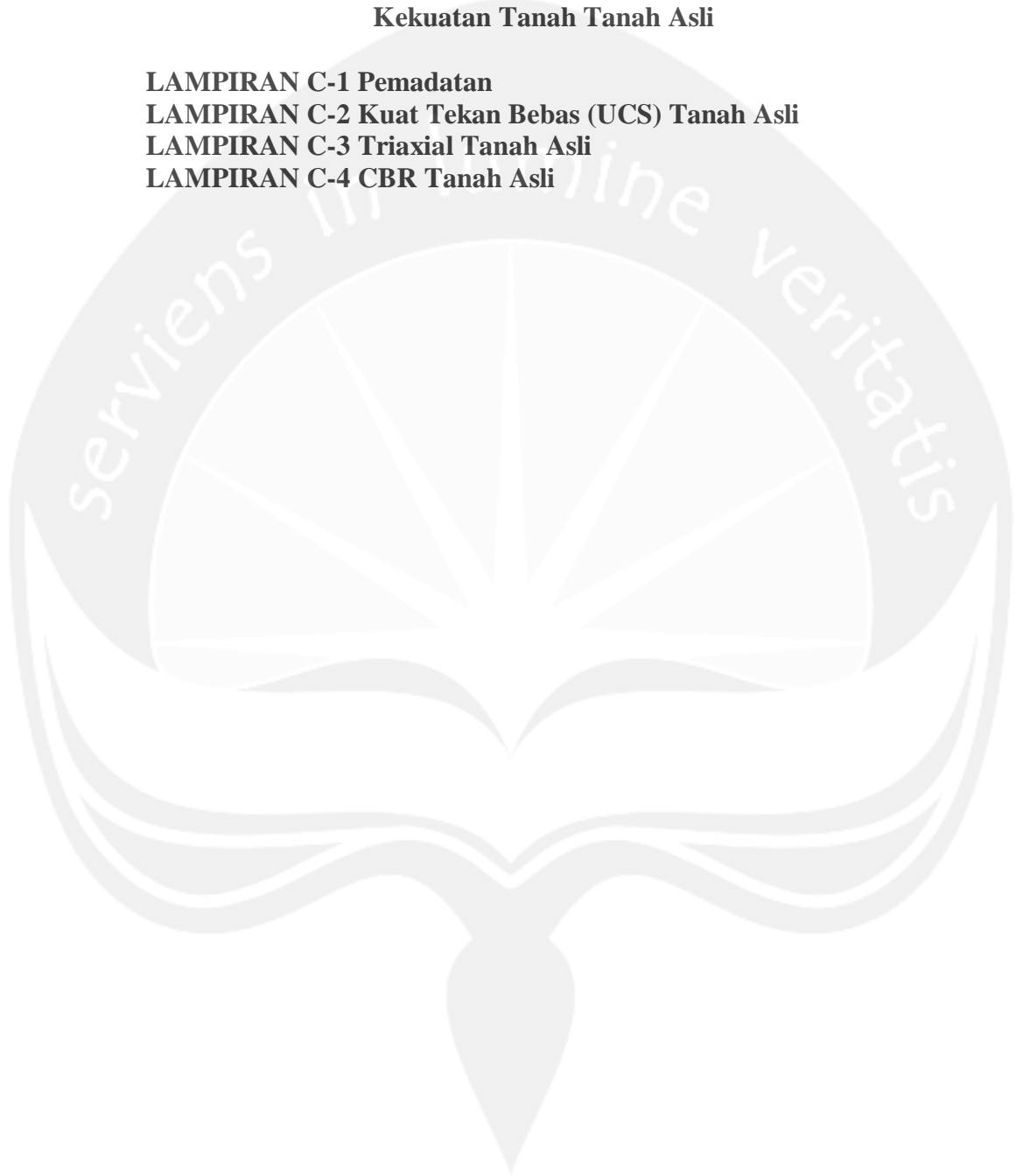
Kekuatan Tanah Tanah Asli

LAMPIRAN C-1 Pematatan

LAMPIRAN C-2 Kuat Tekan Bebas (UCS) Tanah Asli

LAMPIRAN C-3 Triaxial Tanah Asli

LAMPIRAN C-4 CBR Tanah Asli



LAMPIRAN D

Kekuatan Tanah Tambah Kapur

LAMPIRAN D-1 Kuat Tekan Bebas (UCS) Tanah Tambah Kapur

LAMPIRAN D-2 Triaxial Tanah Tambah Kapur

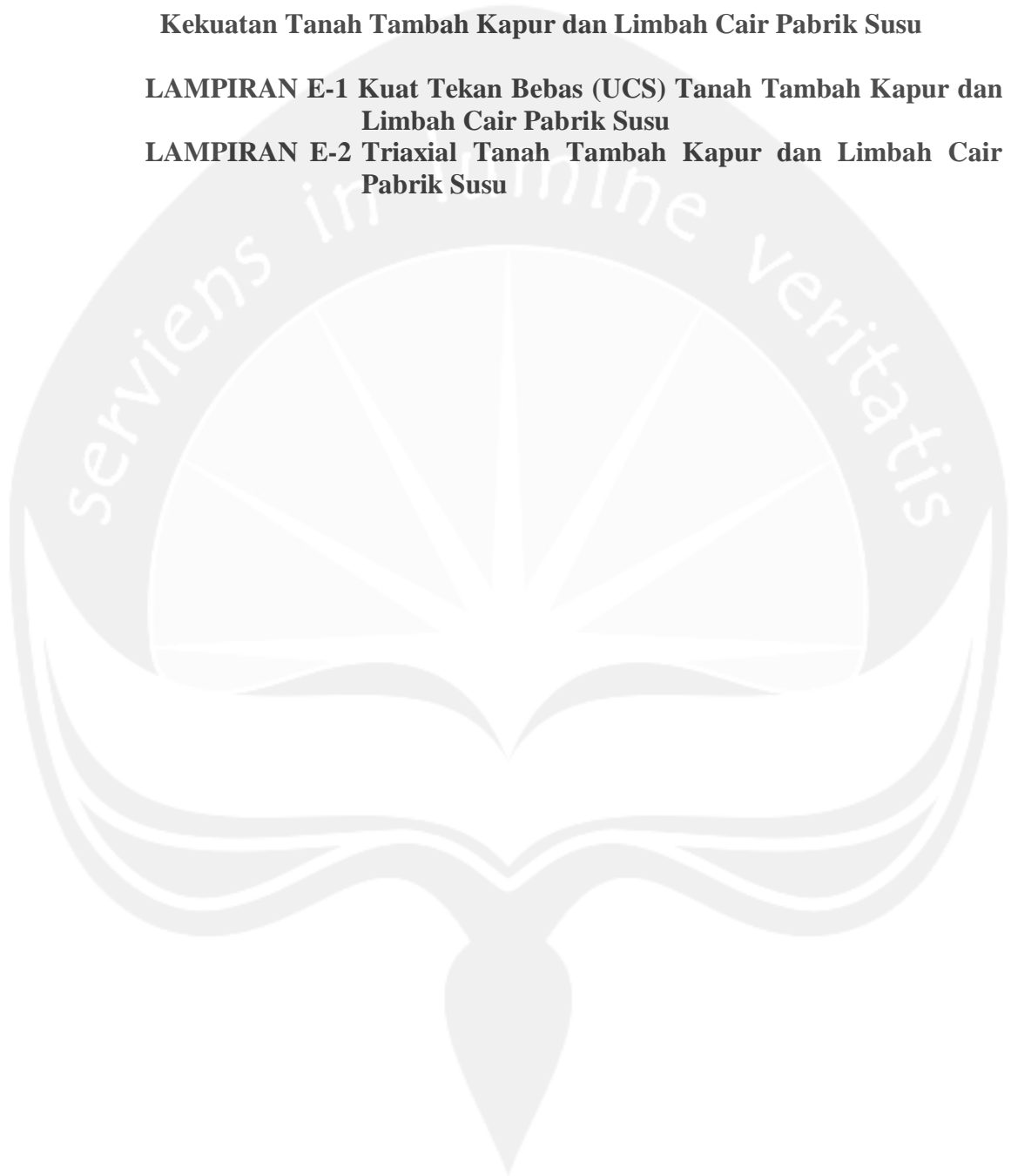


LAMPIRAN E

Kekuatan Tanah Tambah Kapur dan Limbah Cair Pabrik Susu

**LAMPIRAN E-1 Kuat Tekan Bebas (UCS) Tanah Tambah Kapur dan
Limbah Cair Pabrik Susu**

**LAMPIRAN E-2 Triaxial Tanah Tambah Kapur dan Limbah Cair
Pabrik Susu**

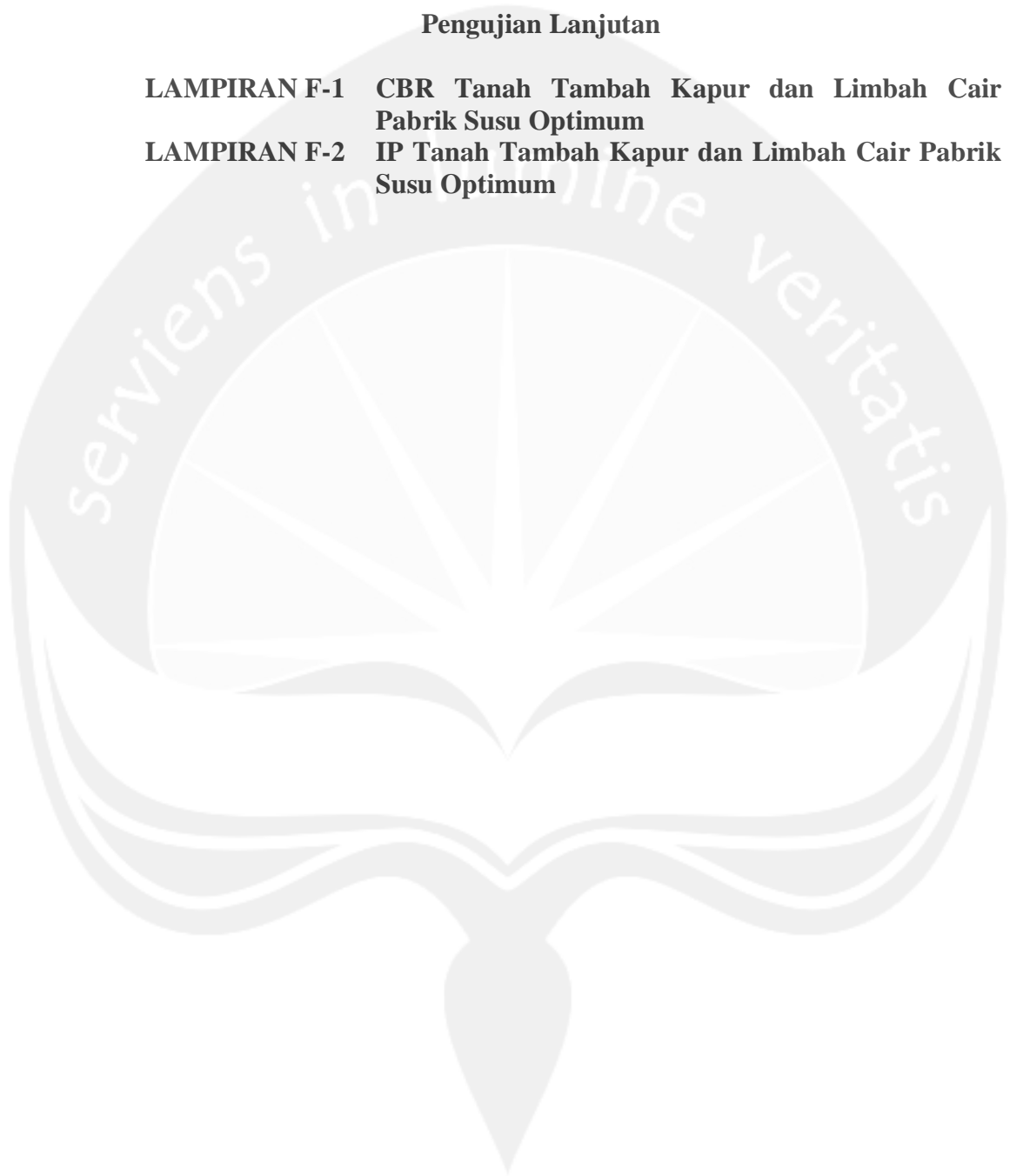


LAMPIRAN F

Pengujian Lanjutan

**LAMPIRAN F-1 CBR Tanah Tambah Kapur dan Limbah Cair
Pabrik Susu Optimum**

**LAMPIRAN F-2 IP Tanah Tambah Kapur dan Limbah Cair Pabrik
Susu Optimum**



LAMPIRAN G

Peningkatan

