



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**UJI TRIAKSIAL *MULTISTAGE* UNTUK TANAH KAOLIN**

**SKRIPSI**

**CIPTO ADI BROTO**

**06 06 04 137 1**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**DEPOK  
DESEMBER 2008**

129/FT.EKS.01/SKRIP/12/2008



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**UJI TRIAKSIAL *MULTISTAGE* UNTUK TANAH KAOLIN**

**SKRIPSI**

**CIPTO ADI BROTO**

**06 06 04 137 1**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**DEPOK  
DESEMBER 2008**

129/FT.EKS.01/SKRIP/12/2008



**UNIVERSITY OF INDONESIA**

**MULTISTAGE TRIAXIAL TEST FOR KAOLINE**

**FINAL ASSIGNMENT**

**CIPTO ADI BROTO**

**06 06 04 137 1**

**FACULTY OF ENGINEERING  
CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT**

**DEPOK  
DECEMBER 2008**

129/FT.EKS.01/SKRIP/12/2008



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**UJI TRIAKSIAL *MULTISTAGE* UNTUK TANAH KAOLIN**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**CIPTO ADI BROTO**

**06 06 04 137 1**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**DEPOK  
DESEMBER 2008**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**MULTISTAGE TRIAXIAL TEST FOR KAOLINE**

**FINAL ASSIGNMENT**

This Final Assignment was Executed to Fulfilled Graduation Requirements  
for Bachelor Degree of Engineering

**CIPTO ADI BROTO**  
**06 06 04 137 1**

**FACULTY OF ENGINEERING**  
**CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT**

**DEPOK**  
**DECEMBER 2008**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Cipto Adi Broto**

**NPM : 0606041371**

**Tanda Tangan : **

**Tanggal : 31 Desember 2008**



## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Cipto Adi Broto  
NPM : 0606041371  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Uji Triaksial *Multistage* Untuk Tanah Kaolin

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia**

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Widjojo Adi Prakoso, M.Sc., Ph.D. (  )

Penguji : Prof. Dr. Ir. Tommy Ilyas (  )

Penguji : Dr. Ir. Wiwik Rahayu, DEA. (  )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 31 Desember 2008

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas segala rahmat dan hidayah-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua Orang Tua dan Adik tercinta yang telah memberikan do'a dan dukungan baik moril maupun materil selama menyelesaikan masa pendidikan.
2. Ir. Widjojo Adi Prakoso, M.Sc, Ph.D selaku Dosen Pembimbing dan Kepala Laboratorium Mekanika Tanah Departemen Sipil FTUI yang telah memberikan waktu untuk mengarahkan dan membimbing penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Katili, selaku Ketua Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
4. Bapak dan Ibu Dosen yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya yang sangat berharga untuk bekal di masa mendatang.
5. Bapak Sunarto, Pak Wardoyo, Mas Anto, dan seluruh staf laboratorium Mekanika Tanah FTUI yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan bantuan selama penelitian di laboratorium.
6. Rekan satu tim (Lita, Muhammad, Taufik, Nana) dan teman-teman mata kuliah *independent study* PSG, serta rekan-rekan Sipil Ekstensi angkatan 2006 yang telah banyak membantu dukungan moril selama masa perkuliahan.
7. Seluruh pihak yang telah membantu baik langsung maupun tak langsung selama masa pendidikan.

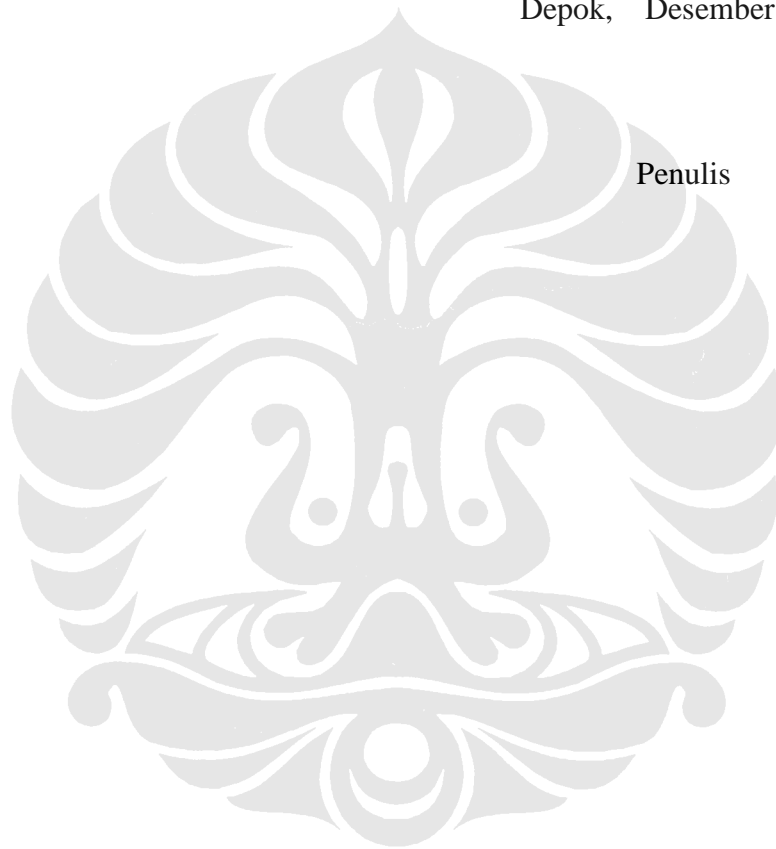


Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini, maka dengan hati terbuka penulis harapan kritik dan saran yang membangun guna penyempurnaan penulisan lain di masa mendatang.

Akhir kata, saya memohon kepada Allah SWT agar berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, Desember 2008

Penulis



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Cipto Adi Broto  
NPM : 0606041371  
Program Studi : Teknik Sipil  
Departemen : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**UJI TRIAKSIAL *MULTISTAGE* UNTUK TANAH KAOLIN**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 31 Desember 2008

Yang menyatakan



( Cipto Adi Broto )

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERYATAAN ORISINALITAS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	vi
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
<b>1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Deskripsi dan Pembatasan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Sistematika Penulisan .....	3
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Deskripsi Tanah .....	5
2.1.1 Tanah Secara Umum .....	5
2.1.2 Komposisi dan Istilah Tanah Secara Umum .....	5
2.1.3 Mineral Lempung .....	7
2.2 Tegangan Geser .....	11
2.2.1 Konsep Tegangan Efektif .....	11
2.2.2 Kohesi Tanah dan Friksi .....	13
2.2.3 Kekuatan Geser Tanah .....	14
2.2.3.1 Kriteria Keruntuhan Mohr-Coulomb .....	14
2.2.3.2 Lintasan Tegangan .....	16
2.3 Penentuan Parameter Kuat Geser Tanah Dengan Pengujian Triaksial .....	20
2.4 Pengujian Triaksial <i>Multistage</i> ( <i>Multistage Triaxial Test</i> ) .....	27
2.4.1 Deskripsi Umum .....	27
2.4.2 Kriteria Keruntuhan .....	29
2.4.3 Tinjauan Penelitian .....	31
2.4.3.1 Penelitian Maurizio Soranzo .....	31
2.4.3.2 Penelitian Hamed S. Saeedy dan Mohammed A. Mollah .....	32
<b>3. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>33</b>
3.1 Kegiatan Penelitian .....	33
3.2 Pengujian Sifat-Sifat Fisik Tanah .....	35
3.2.1 Kadar Air .....	35
3.2.2 <i>Atterberg Limit</i> .....	35

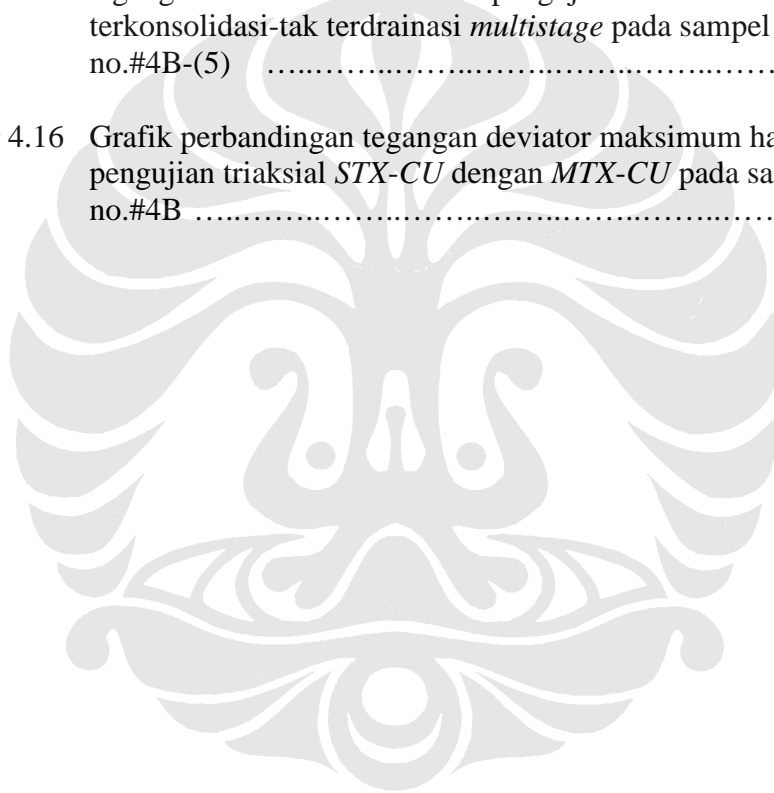
3.2.3	<i>Specific Gravity</i> .....	36
3.2.4	<i>Hydrometer Analysis</i> .....	37
3.3	Pembuatan Benda Uji Triaksial .....	37
3.3.1	Material Pembuatan Contoh Tanah .....	37
3.3.2	Prosedur Pembuatan Contoh Tanah Kaolin .....	38
3.3.3	Pencetakan Contoh Tanah Untuk Benda Uji Triaksial .....	39
3.4	Prosedur Pengujian Triaksial Tekan <i>Multistage Consolidated Undrained (MTX-CU)</i> .....	39
<b>4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>44</b>
4.1	Pendahuluan .....	44
4.2	Hasil dan Pembahasan Pengujian Sifat-Sifat Fisik Tanah ( <i>Index Properties</i> ) .....	44
4.2.1	Kadar Air Asli .....	44
4.2.2	<i>Atterberg Limit</i> .....	45
4.2.3	<i>Specific Gravity (Gs)</i> .....	46
4.2.4	Analisa hidrometer .....	46
4.3	Hasil dan Pembahasan Pembuatan Sampel Benda Uji Triaksial .....	47
4.4	Hasil dan Pembahasan Pengujian Triaksial Tekan Tak Terkonsolidasi – Tak Terdrainasi ( <i>UU</i> ) .....	50
4.4.1	Triaksial Tekan Tak Terkonsolidasi - Tak Terdrainase <i>Single Stage (STX-CU)</i> .....	50
4.4.2	Triaksial Tekan Tak Terkonsolidasi - Tak Terdrainase <i>Multistage (MTX-CU)</i> .....	52
4.4.3	Triaksial Perbandingan Metode Pengujian <i>Single Stage (STX-UU)</i> dengan <i>Multistage (MTX-UU)</i> .....	54
4.5	Hasil dan Pembahasan Pengujian Triaksial Tekan Terkonsolidasi – Tak Terdrainasi ( <i>CU</i> ) .....	57
4.5.1	Triaksial Tekan Terkonsolidasi - Tak Terdrainase <i>Single Stage (STX-CU)</i> .....	57
4.5.2	Triaksial Tekan Terkonsolidasi - Tak Terdrainase <i>Multistage (MTX-CU)</i> .....	61
4.5.2.1	Sampel No.#4B-(4) .....	61
4.5.2.2	Sampel No.#4B-(5) .....	65
4.5.3	Triaksial Perbandingan Metode Pengujian <i>Single Stage (STX-CU)</i> dengan <i>Multistage (MTX-CU)</i> .....	68
<b>5.</b>	<b>PENUTUP</b> .....	<b>72</b>
5.1	Kesimpulan .....	72
5.2	Saran .....	73
	DAFTAR PUSTAKA .....	75
	LAMPIRAN .....	76

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram fase tanah .....	5
Gambar 2.2	Klasifikasi butiran menurut sistem USDA, ASTM, MIT <i>International Nomenclature</i> dan <i>British Standard BS 6930</i> ...	6
Gambar 2.3	Mineral-mineral lempung .....	8
Gambar 2.4	Diagram skematik struktur <i>kaolinite</i> dan struktur atom <i>kaolinite</i> .....	9
Gambar 2.5	Diagram skematik struktur <i>montmorillonite</i> dan struktur atom <i>montmorillonite</i> .....	10
Gambar 2.6	Diagram skematik struktur <i>illite</i> .....	11
Gambar 2.7	Hubungan sudut geser dan kohesi dengan tekanan normal ....	13
Gambar 2.8	Garis keruntuhan menurut Mohr dan hukum keruntuhan Mohr-Coulomb .....	15
Gambar 2.9	Kondisi tegangan pada keadaan runtuh .....	17
Gambar 2.10	Alternatif yang menggambarkan kondisi tegangan .....	18
Gambar 2.11	Lingkaran Mohr untuk beberapa tahapan uji triaksial pada pengujian tunggal yang digambarkan untuk memperoleh lintasan tegangan ABCDE .....	19
Gambar 2.12	Hubungan antara selubung keruntuhan $\phi$ dengan selubung keruntuhan $\alpha$ (modifikasi) .....	20
Gambar 2.13	Alat pengujian triaksial .....	21
Gambar 2.14	Skema pembebanan pada uji triaksial .....	22
Gambar 2.15	Lingkaran-lingkaran Mohr untuk tegangan total dan garis keruntuhan yang didapat dari uji triaksial <i>UU</i> .....	24
Gambar 2.16	Lingkaran-lingkaran Mohr dan garis keruntuhan untuk tegangan total dan efektif yang didapat dari uji triaksial <i>CU</i> ..	25
Gambar 2.17	Lingkaran-lingkaran Mohr dan garis keruntuhan untuk tegangan efektif yang didapat dari uji triaksial <i>CU</i> pada pasir dan lempung terkonsolidasi normal .....	26

Gambar 2.18	Data dalam bentuk grafik dari pengujian triaksial <i>multistage</i>	29
Gambar 2.19	Penggambaran lintasan tegangan pada pengujian tekan <i>multistage</i> triaksial <i>CU</i>	31
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	34
Gambar 3.2	Diagram alir pengujian triaksial tekan terkonsolidasi – tak terdrainasi metode konvensional ( <i>single stage</i> ) dan <i>multistage</i>	43
Gambar 4.1	Grafik <i>Plasticity Chart</i> hasil pengujian <i>Atterberg Limit</i> pada kaolin	46
Gambar 4.2	Grafik <i>grain size distribution</i> pada kaolin	47
Gambar 4.3	Grafik penurunan vs. waktu yang dimonitor selama proses pembuatan benda uji triaksial	49
Gambar 4.4	Grafik kecepatan penurunan vs. invers waktu yang dimonitor selama proses pembuatan benda uji triaksial	49
Gambar 4.5	Grafik Deviator <i>stress</i> vs. Regangan dan Lingkaran Mohr hasil pengujian triaksial tak terkonsolidasi-tak terdrainasi <i>single stage</i> pada sampel no.#3B	51
Gambar 4.6	Grafik Deviator <i>stress</i> vs. Regangan dan Lingkaran Mohr hasil pengujian triaksial tak terkonsolidasi-tak terdrainasi <i>multistage</i> pada sampel no.#3B	53
Gambar 4.7	Grafik perbandingan tegangan deviator maksimum hasil pengujian triaksial <i>STX-UU</i> dengan <i>MTX-UU</i> pada sampel no.#3B	55
Gambar 4.8	Grafik deviator <i>stress</i> vs. regangan hasil pengujian triaksial <i>STX-UU</i> dengan <i>MTX-UU</i> pada sampel no.#3B	56
Gambar 4.9	Grafik Lingkaran Mohr hasil pengujian triaksial <i>STX-UU</i> dengan <i>MTX-UU</i> pada sampel no.#3B	57
Gambar 4.10	Grafik data hasil pengujian triaksial terkonsolidasi – tak terdrainasi <i>single stage</i> pada sampel no.#4B	59
Gambar 4.11	Grafik lingkaran Mohr dan <i>stress path</i> dalam keadaan tegangan total dan efektif hasil pengujian triaksial terkonsolidasi-tak terdrainasi <i>single stage</i> pada sampel no.#4B	60

Gambar 4.12	Grafik data hasil pengujian triaksial terkonsolidasi – tak terdrainasi <i>multistage</i> pada sampel no.#4B-(4) .....	62
Gambar 4.13	Grafik lingkaran Mohr dan <i>stress path</i> dalam keadaan tegangan total dan efektif hasil pengujian triaksial terkonsolidasi-tak terdrainasi <i>multistage</i> pada sampel no.#4B-(4) .....	64
Gambar 4.14	Grafik data hasil pengujian triaksial terkonsolidasi – tak terdrainasi <i>multistage</i> pada sampel no.#4B-(5) .....	66
Gambar 4.15	Grafik lingkaran Mohr dan <i>stress path</i> dalam keadaan tegangan total dan efektif hasil pengujian triaksial terkonsolidasi-tak terdrainasi <i>multistage</i> pada sampel no.#4B-(5) .....	67
Gambar 4.16	Grafik perbandingan tegangan deviator maksimum hasil pengujian triaksial <i>STX-CU</i> dengan <i>MTX-CU</i> pada sampel no.#4B .....	69



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel perbandingan parameter kekuatan geser tanah hasil Penelitian Hamed S. Saeedy dan Mohammed A. Mollah .....	32
Tabel 4.1	Hasil pengujian kadar air asli pada kaolin .....	45
Tabel 4.2	Ringkasan hasil pengujian <i>Atterberg Limit</i> pada kaolin .....	45
Tabel 4.3	Ringkasan hasil pengujian hidrometer pada kaolin .....	46
Tabel 4.4	Ringkasan parameter-parameter yang dicatat pada proses pembuatan benda uji triaksial .....	48
Tabel 4.5	Hubungan nilai tegangan sel dengan nilai tegangan deviator maksimum dari pengujian triaksial <i>STX-UU</i> dan <i>MTX-UU</i> .....	55
Tabel 4.6	Hubungan nilai tegangan efektif sel awal dengan nilai tegangan deviator maksimum dari pengujian triaksial <i>STX-CU</i> dan <i>MTX-CU</i> .....	69
Tabel 4.7	Ringkasan nilai parameter kuat geser tanah kaolin yang diperoleh dari berbagai variasi metode pengujian triaksial tekan .....	71



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data Hasil Pengujian *Index Properties* Kaolin (*Atterberg Limit, Specific Gravity, Hydrometer Analysis*).
- Lampiran 2 Data Hasil Monitoring Pembuatan Sampel Contoh Tanah Kaolin.
- Lampiran 3 Data Hasil Pengujian Triaksial Tekan *Unconsolidated – Undrained Single Stage (STX-UU)*.
- Lampiran 4 Data Hasil Pengujian Triaksial Tekan *Unconsolidated – Undrained Multistage (MTX-UU)*.
- Lampiran 5 Data Hasil Pengujian Triaksial Tekan *Consolidated – Undrained Single Stage (STX-CU)*.
- Lampiran 6 Data Hasil Pengujian Triaksial Tekan *Consolidated – Undrained Multistage (MTX-CU)* – (Sampel No.#4B-4 & No.#4B-5).
- Lampiran 7 Foto – Foto Dokumentasi.
- Lampiran 8 Jurnal – Jurnal.